COMPTE RENDU

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 28 AVRIL 1845.

PRÉSIDENCE DE M. ÉLIE DE BEAUMONT.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

BOTANIQUE. — *Remarques sur la Lettre de* M. Martius; *par* M. Ch. Gaudichaud.

« J'ai lu, dans les *Comptes rendus* de l'avant-dernière séance de l'Académie (1) (7 avril), une Lettre de M. Martius, dans laquelle notre savant confrère donne le résumé de ses recherches anatomiques sur le *Chamædorea elatior*, de la famille des Palmiers.

» L'Académie regrettera peut-être avec moi que notre honorable confrère se soit borné à nous donner un simple extrait de son important travail, et, pour ainsi dire, son opinion personnelle sur un sujet du plus haut intérêt, et qui exigerait peut-être, avant tout, des preuves matérielles.

» Sa Lettre, d'ailleurs, n'a pas seulement le grave inconvénient d'être trop concise; elle est aussi, sur certains points, réellement trop incomplète. J'avouerai même franchement que je crains de n'en avoir pas toujours entièrement saisi le sens.

(1) Cette Note est faite depuis quinze jours. Si l'auteur ne l'a pas lue plus tôt, c'est qu'il n'a pu obtenir la parole.

» Mais ce que je comprends bien, et ce dont je me réjouis fort, c'est qu'il a voulu me faire de l'opposition.

» Un tel adversaire, messieurs, n'est pas à dédaigner.

» M. Martius est un savant du premier ordre, qui a publié un très-grand travail de classification sur les Palmiers (1), qui doit avoir à sa disposition de nombreuses plantes vivantes de cette famille, et qui, par ses savantes recherches, peut efficacement nous aider à jeter un très-grand jour sur la question d'organographie qui est actuellement pendante devant l'Académie.

» J'appelle donc de tous mes vœux M. Martius à prendre part à nos débats. Il y sera certainement bien reçu. J'y suis entré franchement, et ce que je sais de son honorable caractère est pour moi le sûr garant que, de son côté, il en fera autant.

» Puisque M. Martius nous a adressé ses premières remarques sur nos travaux, nous lui demandons la permission de lui communiquer nos objections. Nous osons espérer que cet illustre savant les accueillera favorablement.

» Par exemple, M. Martius déclare qu'il peut fort bien s'accommoder de tout ce que M. de Mirbel a émis sur l'agencement des fibres; ce qui ne l'empêche pas de dire, dans sa deuxième proposition (*Comptes rendus de l'Académie*, séance du 7 avril, page 1039, ligne 4) « qu'elles naissent toujours extérieurement par rapport aux autres. »

» Vous savez tous, messieurs, que M. de Mirbel les fait naître de la périphérie interne du phyllophore.

» Dans sa troisième proposition (page 1039, ligne 8), M. Martius soutient « que les fibres s'allongent des deux bouts, c'est-à-dire qu'elles croissent de bas en haut et de haut en bas (2), à partir d'un point de naissance donné »; alors que M. de Mirbel les fait monter toutes et partout, sans point de naissance déterminé, de la périphérie interne du phyllophore dans le bourgeon, des racines et du collet sur le tronc.

» Ce savant ajoute, dans sa dixième proposition (page 1040, ligne 5): « L'extrémité inférieure (des fibres) ne va pas jusqu'aux racines; elles ne dépassent pas le collet, où il y a la séparation organique du *descensus* et de *l'ascensus;* » mots impropres s'il en fut jamais, surtout si ce savant admet bien franchement que les fibres du tronc descendent jusqu'au collet.

---

(1) On sait que les anatomies microscopiques qui sont jointes à ce travail appartiennent à M. Hugo Mohl.

(2) Elles descendent donc?

» Ainsi donc, sous ce rapport encore, M. Martius est en opposition directe avec M. de Mirbel qui, lui, fait monter les fibres caulinaires à partir des racines ou du collet (1).

» Dans sa neuvième proposition (page 1039, ligne 33), se trouve encore une forte opposition avec les principes les plus essentiels émis par M. de Mirbel : « La partie la plus ancienne des filets, dit M. Martius, ne se trouve pas à leur » extrémité, ni supérieure, ni inférieure, etc. »

» Ceci, comme tout le reste, demanderait de grandes explications, dont nous devons nous abstenir pour le moment. Contentons-nous de remarquer que si, sur ce point, M. Martius a l'intention de contredire nos idées, il ne se montre pas plus favorable à celles de M. de Mirbel, qui a dit : que les fibres sont plus anciennes, plus grosses et plus solides à leur base qu'à leur sommet; qu'elles sont ligneuses à la base, en quelque sorte à l'état d'aubier au milieu, et herbacées au sommet.

» Dans la sixième proposition, il est vrai (page 1039, ligne 19), et dans la septième (page 1039, ligne 23), M. Martius s'accorde parfaitement avec M. de Mirbel sur la décussation des fibres qui, selon eux, traversent la tige d'un côté à l'autre. C'est donc sur ce point seulement, et sur celui de la ramification des filets dans leur partie supérieure (neuvième proposition, page 1040, ligne 3), que ces deux savants observateurs pourraient être du même avis.

» Si je ne puis encore rien dire du *Chamædorea elatior* dont je ne connais pas l'organisation, je suis du moins en mesure de prouver, par de belles anatomies, que d'autres végétaux monocotylés, dans lesquels on a signalé cette décussation et ces ramifications, n'offrent rien de semblable.

» Enfin, dans la quatrième proposition (page 1039, ligne 11), et plus explicitement encore à la suite de la douzième (page 1040, ligne 24), M. Martius dit positivement n'être pas de l'avis de M. de Mirbel « par rapport au » premier degré du développement de la feuille, vu, dit-il, qu'au commen- » cement elle ne me paraît pas avoir la forme d'un capuchon (M. de Mirbel » a dit cuilleron), mais plutôt celle d'une petite crête (*crista* ou *plica*). » L'Académie se souvient que, sur ce sujet, j'ai aussi combattu les faits avancés par M. de Mirbel.

» Quant à la crête dont parle M. Martius, je serais bien tenté de croire que ce savant anatomiste a vu une feuille déjà très-avancée en organisation, et non la feuille naissante du centre absolu du bourgeon.

---

(1) Le collet n'est qu'un point fictif dans la plupart des Monocotylés.

» Or, nous savons tous que les feuilles qui commencent leur évolution se plient, se laminent, en quelque sorte, par la compression, en sortant des bourgeons.

» Voici maintenant un point de doctrine exprimé dans la onzième proposition (page 1040, ligne 7), sur lequel nous différons, M. Martius et moi, complétement d'avis. « Les tiges, dit-il, deviennent plus ligneuses et plus » dures au moyen de l'accroissement des fibres qui montent et qui font leur » décussation, et également, le parenchyme entre les fibres devient plus » épais et plus dur, etc. »

» Il y a là, selon moi, une triple erreur, puisque, d'abord les fibres ne montent pas; qu'il y a d'autant moins de parenchyme entre elles qu'on approche davantage de la périphérie du corps ligneux, et que les plus anciennes sont au centre, dans les Monocotylés comme dans les Dicotylés.

» Si le durcissement s'opère en raison directe de l'âge de l'arbre, c'est tout simplement que la couche ligneuse acquiert plus d'épaisseur et de densité en ce point; c'est que le tissu cellulaire qui abonde entre les fibres du centre, et qui s'accroît incessamment, manque presque totalement entre celles de la circonférence; enfin, c'est que les fibres de la circonférence, les dernières venues, n'ont pas encore développé leurs vaisseaux; qu'elles sont plus compactes, et conséquemment plus dures. M. Martius sait cela mieux que moi. Si pourtant il me demandait des preuves, je ne serais certes pas embarrassé de lui en fournir, puisque je pourrais même me borner à lui signaler celles que renferment ses ouvrages (1).

» D'ailleurs, il ne serait pas exact de dire que les dernières fibres extérieures du corps ligneux sont les plus dures. En effet, soit qu'on fasse monter ou descendre ces fibres de l'extrême périphérie du corps ligneux, elles sont toujours les plus récentes et les moins lignifiées. C'est du moins ce qui résulte de mes observations sur les Monocotylés que j'ai été à même d'étudier.

» Relativement aux fibres ligneuses de la tige qui, selon notre savant confrère M. Martius, ne communiquent pas aux racines (page 1040, lig. 5), nous sommes prêt à lui montrer de très-nombreux et très-beaux faits du contraire.

» M. de Mirbel que, bien sans le vouloir sans doute, il contredit encore sur ce point, en aura probablement aussi à lui montrer, puisque les fibres que je fais descendre du tronc dans les racines, il les fait monter des racines dans le tronc.

---

(1) *Voyez* Hugo Mohl, *de Palmarum structura in Mart. Palm. Brasil.*

» Théories à part, nous sommes donc, M. de Mirbel et moi, complétement d'accord sur ce point : que, dans les Monocotylés, les fibres ligneuses des tiges sont plus ou moins directement en rapport avec les racines. M. de Mirbel est, de son côté, en mesure de le prouver, au moins pour les dattiers, et probablement pour un grand nombre d'autres végétaux ; moi, pour tous les Monocotylés et Dicotylés dont j'ai fait l'anatomie. D'ailleurs c'est encore, du moins en partie, l'avis de M. Hugo Mohl, et d'un grand nombre d'autres savants anatomistes.

» Les choses se passeraient-elles autrement dans le *Chamædorea elatior?* je ne pense pas que cela soit possible. Dans tous les cas, je ne l'admettrai qu'en présence de preuves irrécusables.

» C'est pourtant après avoir signalé toutes ces oppositions flagrantes avec les faits avancés par MM. Hugo Mohl et de Mirbel, que M. Martius ajoute, page 1040, ligne 17 : « Vous voyez que ces résultats ne se trouvent pas en » contradiction avec les idées émises par MM. de Mirbel et Hugo Mohl. »

» J'en demande bien pardon à notre savant confrère M. Martius; dans tous les faits qu'il signale, à l'exception de celui des filets qui se croisent dans le centre des tiges, et qui se ramifient à leurs sommets, il est complétement en opposition avec les idées de M. de Mirbel, et, sur beaucoup d'autres, avec celles de M. Hugo Mohl.

» D'après ce qui s'est passé devant l'Académie, en 1843 et 1844, entre M. de Mirbel et moi, il reste démontré que M. Martius cherche indirectement à combattre les principes d'organographie que je soutiens; puisque, tout en contredisant ceux de M. Mirbel, il déclare assez bien s'en accommoder. On sait que (pour me servir de l'expression de M. Martius) moi, je ne m'en accommode pas du tout.

» Je ferai tous mes efforts pour avoir un *Chamædorea elatior,* afin de vérifier, constater ou contester les faits avancés par M. Martius.

» Parviendrai-je à m'en procurer un ? c'est bien douteux (1), et d'autant plus, que cette plante est encore plus rare dans les serres que le *Cordyline australis,* dont il m'a été impossible de trouver un sujet convenable ; ce qui ne m'empêchera pas de me bien défendre.

» J'ai cherché à individualiser le phyton, et, par suite de cela, à établir

---

(1) Depuis que cette Note est faite, j'ai trouvé un jeune pied de cette plante. Je la dois à l'obligeance de M. Neumann, le chef des serres du Muséum.

Je vais l'étudier, et je m'empresserai de communiquer à l'Académie le résultat de mes recherches.

des principes d'organographie, que je crois parfaitement vrais; principes qui manquaient totalement à la science.

» M. Martins, si je ne m'abuse, paraît vouloir individualiser les fibres, en les faisant naître isolément, en leur donnant, en quelque sorte, une vie spéciale, et en les faisant croître par leurs deux extrémités. Si telles sont les idées de M. Martius, je les combattrai.

» S'il faisait descendre l'extrémité inférieure de ces fibres jusque dans les racines, nous serions peut-être assez près de nous entendre sur certains points; car, pour cela, nous n'aurions plus que quelques concessions mutuelles à nous faire.

» En effet, la partie des fibres qui, en montant, se relie aux feuilles, ne s'éloignerait pas trop de mon système ascendant; et l'autre partie, qui descend, se rapprocherait peut-être assez de mon système descendant.

» Il faudrait pourtant que celle-ci descendît jusque dans les racines, et non jusqu'au prétendu collet qui, pour moi, n'est qu'un mot sans valeur, à moins toutefois que, comme l'a fait Aubert du Petit-Thouars, on ne l'applique aux embryons, ou, comme le disait cet illustre savant, aux feuilles.

» Tout récemment encore, M. Naudin, à l'insu de tout ce qui avait été fait avant lui sur ce sujet, a aussi démontré cette vérité d'une manière très-convenable.

» Chacun sait que, depuis 1834, j'ai complétement établi ce principe dans toutes mes publications sur la théorie des mérithalles ou phytonienne (*voyez* Gaudichaud, *Organographie, Pl. I, fig.* 1 à 6, f.), où j'ai cherché à prouver que chaque phyton a son collet ou *mésocauléorhize*.

» Le nom de collet ne peut donc s'appliquer qu'à la base mérithallienne d'un phyton, par exemple à celle d'un embryon qui commence la tige, puisque, je le réitère, chaque phyton a le sien. Il y a donc, dans un arbre, autant de collets que de phytons ou feuilles. On sait le sens que j'attache à ces noms.

» Conservons, si vous voulez, le nom de collet au point de jonction de la tige avec le sol, et nous serons à peu de chose près dans le vrai; car c'est là, au centre, que se trouve le collet de l'embryon ou premier phyton qui a commencé la tige. Mais gardons-nous bien d'attribuer à cette partie des végétaux développés aucune faculté organisatrice; car alors nous tomberions dans l'erreur la plus exorbitante. L'*ascensus* et le *descensus* ne peuvent donc s'appliquer qu'aux phytons exclusivement. Je l'ai déjà démontré, et je le prouverai prochainement encore, par de nouveaux exemples fournis par les Monocotylés.

» Honorons, messieurs, les savants illustres, nos devanciers et nos contemporains, qui ont puissamment servi cette partie de la science; mais ne nous laissons dominer ni imposer par l'autorité de leurs noms, même des plus grands; car sur cette matière tout homme peut se tromper.

» Nous nous occupons d'organographie; c'est une science physique et qui demande avant tout des preuves. Ces preuves sont principalement des anatomies.

» Nous ne pouvons, ni M. de Mirbel, ni M. Martius, ni moi, ni personne, voir monter ou descendre les fibres des végétaux. Le seul moyen d'en démontrer la marche ascendante ou descendante est de faire des expériences comparatives bien combinées.

» Ce moyen, vous le savez, messieurs, je l'ai employé avec succès sur tous les végétaux monocotylés et dicotylés que j'ai pu me procurer, et maintenant vous connaissez l'ensemble des résultats que j'ai obtenus.

» Ces résultats, je le dis avec assurance, sont les plus grandes ou plutôt les seules autorités compétentes, et les écueils contre lesquels viendront se briser tous les efforts, directs ou indirects, qu'on pourra tenter pour nous empêcher de défendre les bons principes de la science et de la vérité.

» Le nom de M. Martius, tout-puissant qu'il est à mes yeux, jeté dans la balance du côté de M. de Mirbel, n'en fera pas changer le niveau; car j'ai, pour la maintenir en équilibre, ou, au besoin, pour la faire incliner de mon côté, beaucoup plus d'anatomies qu'il n'en faut pour entraîner, avec celles de M. de Mirbel, celles de M. Martius et de tous les anatomistes qui voudront entrer dans la lice.

» Puisque j'ai, témérairement peut-être (les résultats décideront), accepté la lutte avec M. de Mirbel, je ne lui ferai pas l'injure de la refuser avec qui que ce soit. Je l'accepte donc avec M. Martius.

» En attendant de nouvelles contradictions, je vais poursuivre mes recherches, mes publications, et continuer ma défense contre M. de Mirbel.

» Prochainement, en présentant un nouveau Mémoire à l'Académie, j'aurai l'honneur de lui montrer une seconde série de faits démonstratifs, fournis par des Monocotylés.

» Dans ce Mémoire, je réfuterai, une à une, toutes les assertions émises par M. de Mirbel dans son travail sur le *Dracæna australis* (*Cordyline australis*); et, comme j'ai contracté l'habitude de le faire, je n'avancerai jamais rien sans preuves. »

ACOUSTIQUE. — *Observations sur la limite des sons graves et aigus; par* M. C. DESPRETZ.

« Que doit-on entendre par son appréciable à l'oreille? est-ce un son capable de produire un effet quelconque sur cet organe, ou est-ce un son susceptible d'être classé par rapport à un autre son?

» Nous pensons que toute série de vibrations lentes ou rapides, qui n'est pas comparable à une autre série qui produit un son bien déterminé comme, par exemple, l'*ut* grave du violoncelle, de l'alto ou du violon, n'est pas un son, mais un bruit sourd ou aigu.

» Wollaston, dans ses observations sur les sons auxquels certaines oreilles sont insensibles, et Savart, dans un travail postérieur sur la limite des sons appréciables, ne paraissent pas avoir porté beaucoup leur attention sur la nécessité de cette distinction sans laquelle il régnerait, ce nous semble, toujours un peu de confusion dans le sujet sur lequel j'ai l'honneur de soumettre quelques observations à l'Académie.

» Dans les ouvrages français ou étrangers, on cite les résultats des expériences de Sauveur, de Wollaston et de Savart, et les nombres admis par Chladni et par M. Biot. Voyons d'abord l'état de la question.

« Pour une oreille humaine saine et dans l'état normal, dit Wollaston » (*Annales de Chimie et de Physique*, t. XVI, p. 208), la faculté de discerner les sons ne paraît pas avoir de limite tranchée. Si l'on fait diminuer » graduellement, et suivant une progression lente, le nombre des pulsations » qui constituent les sons, on n'assignera pas facilement, quelque soin qu'on » y apporte, le point où il faut s'arrêter, pour que les sons produisent un » effet musical. Cependant, à moins d'un défaut dans l'organe, on est encore sensible aux mouvements de vibrations, alors qu'ils sont devenus de » simples tremblements capables d'être appréciés par le tact, et presque » comptés. »

» D'après Chladni (*Acoustique*, p. 6), les sons les plus graves perceptibles à l'oreille humaine correspondent à 30 vibrations simples par seconde. M. Biot et d'autres physiciens ont admis le nombre 32, qui est le ton le plus bas de l'orgue.

» On rapporte (*Mémoires de l'Académie*, 1700, p. 140) que Sauveur a trouvé, par l'expérience, qu'un tuyau de 40 pieds est le son le plus grave que l'homme puisse distinguer. Si la loi des longueurs était maintenue dans cette circonstance, si le son produit était le son fondamental, il serait le résultat de 25 vibrations simples. Il n'y a pas assez de détails pour qu'on puisse dis-

cuter ce fait; il aurait fallu que ce son eût été classé par rapport à un autre son bien déterminé. Sans cette condition, il reste du vague sur la valeur de l'expérience de cet ingénieux acousticien.

» Savart (*Annales de Chimie et de Physique*, t. XLVII), a considéré comme musical, un son produit dans son appareil par 7 à 8 chocs ou 14 à 16 vibrations simples.

» La barre en fer employée dans ces expériences avait 83 centimètres de longueur environ; et, comme une barre plus courte exigeait un nombre de chocs plus considérable, l'auteur en conclut qu'une barre d'une longueur supérieure à 83 centimètres donnerait naissance à un son appréciable pour un nombre moindre de chocs. Il a été ainsi conduit à penser qu'il n'y a pas de limite à la perception des sons graves.

» Si le son entendu résultait réellement du nombre de chocs de la barre contre l'air, il devrait être très-grave. Il serait à l'octave inférieure d'un tuyau de 32 pieds. Or, ce dernier ne ressemble déjà plus à un son musical, c'est simplement une suite de battements, une espèce de roulement. Aussi les fabricants de grandes orgues éprouvent-ils beaucoup de difficulté à accorder la première partie de l'octave de 32 pieds, sans le concours d'une octave supérieure, ou sans la faire octavier. Il est d'ailleurs à remarquer que, dans le jeu de l'orgue, l'énergie de l'insufflation détermine presque toujours la prédominance de l'octave.

» C'est en assistant à l'inauguration du bel orgue de Saint-Denis, construit par MM. Cavallier-Coll, c'est en comparant mes impressions avec les résultats annoncés par Savart, que j'ai pensé que peut-être ce célèbre acousticien avait été induit en erreur, par la grande intensité du son de son appareil. J'ai été porté ainsi à faire quelques essais, plus pour m'éclairer que dans l'espoir de trouver quelque chose de nouveau dans un sujet déjà traité avec tant d'habileté.

» J'ai répété quelques expériences avec l'appareil de la Faculté des Sciences; la barre de cet appareil a $0^m,86$ de longueur, sur $0^m,031$ d'épaisseur. Elle est en bois, elle est seulement couverte, à ses extrémités, d'une lame de cuivre sur les arêtes qui doivent frapper l'air. Une barre en fer est peu praticable; elle entraîne et disloque l'appareil. Si l'on fait marcher cet appareil avec une vitesse graduée, on entend bientôt un son d'une grande puissance; si on l'écoute avec attention, il sera facile, après l'expérience, d'en prendre l'unisson sur une basse. On verra que, dans aucune expérience, le son ne descend au-dessous de sol_{-1}, la note grave de la basse étant ut_1. Je fis successivement l'expérience avec les deux planches telles que les employait Sa-

vart; avec une ou deux planches et la boîte ajoutée par M. Marloye, le son varia seulement d'un ton. Lorsqu'il n'y eut ni planche ni boîte, le son fut encore à peu près le même ; seulement il s'éleva un peu.

» Je pensai que si le son intense prenait naissance dans les chocs de la barre contre l'air renfermé dans l'intervalle des deux planches, ce son serait porté à l'octave par un nombre de chocs double. Je priai M. Marloye de disposer des planches de manière que la barre passât deux fois, dans l'ouverture, pendant une révolution. Il fallut nécessairement quatre paires de planches, au lieu d'une seule qui se trouve dans l'appareil primitif. Sans cette condition, les chocs ne seraient pas équidistants.

» Le son le plus grave perceptible, de l'appareil ainsi disposé et muni d'un compteur, est à l'unisson avec sol_{-1}. Il correspond à 96 vibrations simples par seconde; l'ut_1 correspondant à 128.

» Le nombre des chocs étant de 15 à 16, ce qui équivaut à 31 vibrations simples, le son engendré par ces chocs n'était pas entendu.

» On remit l'appareil dans l'état dans lequel il était dans les expériences de Savart, c'est-à-dire avec une seule ouverture, le son appréciable le plus grave ne changea pas sensiblement. Il correspondait toujours à 96 vibrations; cependant le nombre des chocs était réduit à moitié; il était d'environ 8 par seconde. Ces chocs étaient bien distincts.

» Si ces observations sont exactes, Savart a probablement été induit en erreur par l'intensité du son rendu par son appareil. Je mets ici sous les yeux de l'Académie un diapason donnant l'ut_1 du violoncelle, et confectionné par M. Marloye, sur ma demande, pour la Faculté des Sciences. Le son de ce grand diapason paraît, au premier abord, beaucoup plus grave qu'il n'est réellement, même à des oreilles exercées.

» Nous ajouterons que l'habile constructeur de l'appareil n'avait jamais pu percevoir le son résultant des chocs de la barre dans les expériences mêmes de Savart, qu'il en est de même de M. Cagniard-Latour.

» Il se produit dans cet appareil, comme dans les appareils compliqués, une multitude de sons; la masse d'air de l'appareil, les planches formant l'ouverture, la courroie, etc., peuvent vibrer et faire naître différents sons. On entend plusieurs sons qu'on peut distinguer et classer. Il n'est question ici que du son le plus grave appréciable.

» Nous considérerons maintenant les sons les plus aigus.

» Wollaston pense que le cri de la chauve-souris et celui du grillon des champs forment la limite de la perception des sons. Il croit que des sons les plus graves de l'orgue aux sons les plus aigus des insectes, les vibrations ont

six à sept cents fois plus de rapidité; ce qui porte la limite supérieure entre 19 000 et 22 000 vibrations simples. Sauveur, Mémoire cité, fixait le nombre le plus élevé à 12 400. Il arrivait à ce résultat par la comparaison de la longueur du tuyau qui rendait le son le plus aigu appréciable avec la longueur d'un tuyau dont le son fondamental correspondait à 100 vibrations par seconde.

» Chaldni s'arrêta à 22 000 vibrations. Savart a cherché à déterminer, par des expériences variées, cette limite supérieure avec plus d'exactitude qu'on ne l'avait fait avant lui.

» Les résultats obtenus par ce célèbre physicien sont les suivants :

» La plupart des personnes qui ont assisté à ses expériences ont pu entendre le son engendré par une courte verge de verre (159 millimètres). Ce son répondait à 31 000 vibrations simples. Le son d'une verge plus courte (150 millimètres), et répondant à 33 000 vibrations simples, a été tantôt *entendu*, tantôt non *entendu*. Des verges d'acier ont fourni pour limite le nombre 32 000.

» Les tuyaux sonores ne l'ont conduit qu'à 20 000 vibrations; dans les diverses expériences, on s'appuyait sur la loi des longueurs, pour l'estimation du nombre des vibrations.

» L'emploi des roues dentées a permis d'étendre la limite des sons perceptibles. Il eût été difficile de faire ici usage d'un compteur. On évaluait le nombre des vibrations par le secours d'une roue fixée à l'axe de la roue qui engendrait le son, et d'un nombre de dents beaucoup moindre. La limite supérieure a été évaluée à 48 000 vibrations simples.

» Ainsi, d'après Savart, l'oreille humaine perçoit encore un son résultant de 48 000, quand ce son a suffisamment d'intensité.

» J'ai voulu voir jusqu'où l'organe conserverait la faculté, non pas seulement d'*entendre*, mais de *comparer* les sons.

» M. Marloye m'avait déjà fait deux petits diapasons sonnant l'ut_6 du piano pour des expériences relatives à l'interférence du son, dont tous les résultats n'ont pas été assez nets pour être présentés à l'Académie, quoique, par l'emploi de deux sifflets, j'aie obtenu des lignes alternativement sonores et silencieuses, comme dans l'expérience des deux ouvertures lumineuses, on observe des lignes alternativement brillantes et obscures. Il me fit ensuite ut_7, ut_8, ut_9, ut_{10}. L'oreille, avec de l'exercice et de l'habitude, saisit ces octaves successives. Beaucoup de personnes les ont bien entendues, et regardées comme des octaves.

» Ainsi, quand on se borne à l'octave, qui est l'intervalle le plus agréable

à l'organe, le plus facilement appréciable, l'oreille non-seulement entend les sons, mais peut les *classer* jusqu'à 65 536 vibrations simples, l'ut_1 de la basse étant 128. Je voulus savoir jusqu'où l'on pourrait encore apprécier les autres intervalles. On fit une gamme entre ut_8 et ut_9, on reconnaît dans cette série tous les intervalles d'une gamme diatonique. Je ne prétends pas que les intervalles soient aussi exacts que ceux d'une série prise dans la partie moyenne de l'échelle musicale; on n'y arriverait que par un travail long, pénible et non sans danger pour l'organe, car l'audition prolongée seule, peut occasionner de violents maux de tête. Cependant, si l'on examine cette série avec attention, on reconnaît que l'intervalle de quarte de ut_8 à fa_8 et l'intervalle de quinte de fa_8 à ut_9 sont justes. L'accord parfait *ut mi sol ut* est encore facilement reconnaissable.

» Je n'ai pas voulu chercher à obtenir une octave entre ut_9 et ut_{10}; la fatigue pour l'organe eût été trop grande : on n'y serait d'ailleurs que péniblement parvenu. Désirant savoir cependant s'il ne serait pas possible d'aller au delà de ut_{10}, son correspondant à 65 536 vibrations simples, je priai l'artiste cité de faire trois diapasons semblables à ut_{10} et de laisser à chacun une tige d'une certaine longueur, afin de leur donner plus de sonorité. J'espérais qu'en raccourcissant graduellement les nouveaux diapasons, on tomberait peut-être sur un intervalle appréciable et sur l'octave ut_{11}. On est arrivé à l'unisson assez aisément; mais, quand l'un des diapasons a été raccourci, de manière à donner sensiblement $ré_{10}$, il n'a plus sonné dès qu'on l'a limé un peu; il a sonné de nouveau dès qu'on lui a rendu sa longueur première. Mais il n'a jamais été possible de le faire sonner au delà de $ré_{10}$, c'est-à-dire au delà de 73 700 vibrations simples.

» Ces diapasons ont beaucoup d'intensité, malgré leur petitesse; ainsi le diapason ut_9 est entendu à travers une porte, et à une distance encore de quelques mètres. Le diapason ut_{10} est entendu du centre aux extrémités du grand amphithéâtre de la Sorbonne, par plus de neuf personnes sur dix.

» Si les expériences précédentes sont exactes, il suit, 1°. qu'il n'est pas démontré aujourd'hui que l'oreille humaine puisse apprécier, classer des sons au-dessous de 32 vibrations simples.

» 2°. Il est constaté que cet organe peut entendre, apprécier, classer, avec plus ou moins de difficulté, des sons depuis 32 jusqu'à 73 000 vibrations simples.

» Je m'empresse de faire observer que l'appréciation des sons très-aigus n'est pas assez rapide pour qu'on puisse les faire entrer dans l'échelle musicale. Les fabricants d'instruments de musique ont d'ailleurs atteint, sinon

dépassé, le possible, comme on peut le voir par l'examen de quelques instruments.

» Dans le piano le plus étendu, la note la plus grave correspond à ut_{-1} ou ut 16 pieds ouverts, et la note la plus aiguë à ut_7. Qu'on parcoure le clavier de ces pianos, on constatera que, dans la grande majorité, la moitié de l'octave inférieure n'offre rien de déterminé; que dans la seconde moitié de l'octave supérieure on ne trouve que des sons insignifiants, difficiles à apprécier. On pourrait donc retrancher du piano une octave entière, sans affaiblir la valeur ni les ressources de cet instrument si répandu.

» Dans la contre-bande basse où la note la plus grave répond à ut_{-1}, des artistes, même exercés, sont obligés d'avoir recours au premier harmonique pour obtenir l'accord.

» Dans les grandes orgues, on trouve des tuyaux depuis 32 pieds jusqu'à quelques lignes. Nous avons dit plus haut que l'accord des sons graves laisse toujours un peu d'incertitude. On a été, dans plus d'un instrument, au delà des sons les plus aigus du chant des oiseaux et du cri des insectes.

» Je demanderai à l'Académie la permission de proposer ici quelques applications, toutefois avec la réserve qui m'est imposée par ma faible compétence.

» La médecine ne pourrait-elle pas tirer parti des petits diapasons de ut_4 à ut_9, avec ou sans caisse consonnante, pour reconnaître la sensibilité croissante ou décroissante dans le traitement des affections de l'organe de l'ouïe?

» L'effet que produit un diapason ut_2, quand on le pose sur le front ou sur la poitrine, est peut-être une indication de l'efficacité de l'emploi de cet appareil en médecine; sur le front, il produit un étonnement, un ébranlement semblable à celui que cause une douche.

» Les diapasons moyens munis de caisses consonnantes, isolés ou disposés en accords, ne produiraient-ils pas de beaux effets par leur réunion avec le piano ou avec de petits orchestres? Une série de diapasons moyens que je mets ici sous les yeux de l'Académie, et que j'ai fait construire pour représenter la succession des harmoniques d'une corde, ou d'un tuyau ouvert, donne une idée de la beauté, de la pureté des sons de ces instruments.

» Les grands diapasons ut_1 et ut_{-1} fourniraient des pédales supérieures par la beauté, la pureté et même par l'intensité, à tout ce que les flûtes ou les anches peuvent donner. On trouverait dans des accords compris entre ut_1 et ut_2, des effets inconnus dans la musique actuelle.

» Il serait à désirer que les constructeurs chargés de l'établissement des grandes orgues de la Madeleine et de Saint-Eustache fissent quelques essais à cet

égard. Dans l'état actuel des choses, l'organiste ne pourrait pas lui-même faire sonner les diapasons; mais, en attendant qu'on ait un mécanisme qui obéisse à l'action du doigt ou du pied, rien ne serait plus facile que d'exercer l'un des souffleurs à faire sonner les diapasons ou ces accords à un signal donné par l'organiste. Dans un orchestre, cela serait encore plus aisé.

» On ne faisait guère, il y a peu d'années, que le diapason destiné à donner le ton dans les orchestres et une partition tempérée pour faciliter le travail de l'accord. Lorsque je demandai un diapason ut_2 à un artiste très-habile et très-exercé, puisqu'il avait concouru à la confection de la plupart des appareils de Savart, et du cours d'acoustique de M. Biot, il dut faire quelques essais. Aujourd'hui M. Marloye a acquis une telle sûreté, qu'il lui a fallu, sans toucher à l'épaisseur, enlever à peine deux lignes sur la longueur du diapason ut_1 brut sorti de la fonderie, quoiqu'il n'eût jamais fait de diapason d'une pareille dimension. C'est probablement le plus grand qui ait été exécuté.

» Je n'ai nullement la prétention d'être le premier à former le désir de voir adopter, dans la musique sacrée ou profane, des instruments, des appareils qui n'ont paru, jusqu'à présent, que dans les cours de physique. Je crois, au contraire, que ce désir a dû se présenter à l'esprit de tous ceux qui ont entendu les sons des longues verges d'acier, des timbres et des diapasons avec caisses consonnantes. J'ai voulu seulement indiquer aux artistes des ressources dont ils paraissent ignorer l'existence.

» *Nota.* Nous avons supposé, dans ce qui précède, l'oreille dans l'état normal, dans cet état où l'appréciation des sons graves ou aigus se fait à peu près également bien. C'est le cas de la plupart des personnes. Nous ne nous occupons ici ni de la différence d'aptitude des deux oreilles chez le même individu, ni de la diversité d'aptitudes chez différents individus. Nous avons voulu réduire la question au cas le plus simple et, selon nous, le plus important, afin d'arriver plus sûrement à une solution nette et claire.

» Si quelques essais que nous avons commencés, dans d'autres conditions, nous fournissent des résultats satisfaisants, nous les soumettrons à l'Académie. »

PHYSIQUE. — *Études sur l'hygrométrie; par* M. V. REGNAULT. (Fin.)

IV. — *Du psychromètre.*

« M. Gay-Lussac a proposé le premier de déterminer l'état hygrométrique de l'air en observant les températures indiquées par un thermomètre sec et par un thermomètre dont le réservoir est maintenu constamment

mouillé (*Annales de Chimie et de Physique,* tome XXI, page 91); mais il pense que, pour pouvoir déduire de ces observations la quantité d'humidité qui existe dans l'air, il faudra construire des Tables dont les éléments exigeront un grand nombre d'expériences.

» Depuis cette époque, un physicien allemand, M. August, s'est occupé de cette question, et il a publié plusieurs Mémoires intéressants dans lesquels il a cherché à établir sur des considérations théoriques les formules d'après lesquelles on peut calculer la force élastique de la vapeur aqueuse qui existe dans l'air d'après les températures que marquent dans cet air un thermomètre sec et un thermomètre à boule mouillée. L'appareil, composé de ces deux thermomètres, a reçu le nom de *psychromètre*.

» Voici les considérations sur lesquelles M. August établit ses formules (*Annales de Poggendorff,* 2e série, tome V, page 69); je les donne ici avec quelque développement, parce que les recherches de M. August n'ont été publiées jusqu'ici dans aucun Recueil français.

» M. August admet que la boule humide du psychromètre est toujours entourée d'une couche d'air, que l'on peut d'ailleurs supposer aussi mince que l'on veut, qui a la même température que cette boule et qui se trouve saturée d'humidité. Cette température est inférieure à celle de l'air extérieur; M. August suppose que les couches d'air qui arrivent ainsi successivement en contact avec la boule humide prennent la température de cette boule et se saturent d'humidité. Ces couches, arrivant avec une température supérieure à celle de la boule, lui abandonnent une certaine quantité de chaleur; mais, d'un autre côté, elles vaporisent de l'eau à sa surface et par suite enlèvent à la boule une autre quantité de chaleur. La température stationnaire de la boule humide s'établit par l'égalité entre ces deux quantités de chaleur.

» D'après cela, soient

ω le poids de la petite couche d'air supposée sèche, à 0 degré et sous la pression de $0^m,760$;
h, la hauteur du baromètre;
t, la température de l'air ambiant donnée par le thermomètre sec;
t', la température indiquée par le thermomètre mouillé;
f et f', les forces élastiques de la vapeur d'eau à saturation pour les températures t et t';
x, la force élastique de la vapeur d'eau qui existe actuellement dans l'air.

» Dans la couche d'air qui environne la boule mouillée, la vapeur d'eau exerce une force élastique f', et l'air une force élastique $h-f'$. Le poids de

cet air sec est

$$\omega \frac{1}{1+\alpha t'} \cdot \frac{h-f'}{760}.$$

La vapeur d'eau qui existe dans cet air se compose de la quantité qui s'y trouvait avant le contact de la boule et qui a pour force élastique x, et de la quantité qui s'est formée par évaporation.

» La première quantité est représentée par

$$\omega\delta \frac{1}{1+\alpha t'} \cdot \frac{f}{760};$$

la seconde par

$$\omega\delta \frac{1}{1+\alpha t'} \cdot \frac{f'-f}{760},$$

δ représentant la densité de la vapeur d'eau par rapport à l'air.

» Si γ représente la capacité calorifique de l'air, la quantité de chaleur abandonnée par l'air sec de la couche en descendant de la température t à la température t', est

$$\omega\gamma \frac{1}{1+\alpha t'} \cdot \frac{h-f'}{760} (t-t').$$

La vapeur d'eau qui existait dans cet air abandonne une quantité de chaleur qui est, en désignant par k la capacité calorifique de la vapeur aqueuse,

$$\omega\delta k \frac{1}{1+\alpha t'} \cdot \frac{x}{760} (t-t').$$

» Enfin, soit λ la chaleur latente de la vapeur d'eau entre les températures t et t'; nous aurons pour la chaleur absorbée par la vapeur qui se forme,

$$\omega\delta\lambda \frac{1}{1+\alpha t'} \cdot \frac{f'-x}{760}.$$

Égalant cette dernière quantité de chaleur à la somme des deux premières, nous aurons

$$\omega\delta\lambda \frac{1}{1+\alpha t'} \cdot \frac{f'-x}{760} = \omega\gamma \frac{1}{1+\alpha t'} \cdot \frac{h-f'}{760} (t-t') + \omega\delta k \frac{1}{1+\alpha t'} \cdot \frac{x}{760} \cdot (t-t'),$$

ou simplement :

$$(1) \qquad \gamma(h-f')(t-t') + \delta k x (t-t') = \delta\lambda(f'-x);$$

d'où

$$x = \frac{1 + \frac{\gamma}{\delta\lambda}(t - t')}{1 + \frac{k}{\lambda}(t - t')} f' - \frac{\frac{\gamma}{\delta\lambda}(t - t')}{1 + \frac{k}{\lambda}(t - t')} . h. \tag{2}$$

» Dans cette formule il faut connaître, outre les données mêmes de l'observation :

» 1°. La chaleur spécifique γ de l'air sec; M. August l'admet égale à 0,2669, d'après les expériences de Laroche et Bérard;

» 2°. La chaleur spécifique k de la valeur aqueuse; M. August la suppose égale à celle de l'air, faute d'une meilleure donnée;

» 3°. La densité δ de la vapeur aqueuse; M. August l'admet égale à 0,6235, d'après les expériences de M. Gay-Lussac;

» 4°. La chaleur latente λ de la vapeur aqueuse entre les températures t et t'; M. August a admis d'abord pour cette donnée la loi de Southern, et il a posé $\lambda = 550$; plus tard, il a adopté la loi de Watt, c'est-à-dire qu'il a supposé que cette quantité est représentée par $640 - t'$.

» En substituant ces nombres et négligeant quelques quantités très-petites, M. August obtient la formule numérique (*)

$$x = f' - \frac{0,558\,(t - t')}{640 - t'} \cdot h. \tag{A}$$

» Nous modifierons quelques-unes des données numériques précédentes. Nous supposerons la densité δ de la vapeur d'eau égale à 0,622, c'est-à-dire égale à la densité théorique, et la chaleur latente de la vapeur d'eau représentée par $610 - t'$, en substituant ces nombres dans la formule (2) et supposant $\delta = k = 0,2669$, nous aurons :

$$x = \frac{1 + \frac{0,2669}{0,622.\lambda}(t - t')}{1 + \frac{0,2669}{\lambda}(t - t')} f' - \frac{\frac{0,2669}{0,622.\lambda}(t - t')}{1 + \frac{0,2669}{\lambda}(t - t')} . h,$$

ou, en négligeant les quantités très-petites,

$$x = f' - \frac{0,429(t - t')}{610 - t'} \cdot h. \tag{B}$$

(*) *Uber die fortschritte der Hygrometrie;* August, p. 30.

» M. August a cherché à vérifier l'exactitude de sa formule par des expériences comparatives qu'il a faites avec le psychromètre et l'hygromètre de Daniell. Il cite des expériences semblables faites par d'autres physiciens, et il trouve dans tous les cas une concordance suffisante entre la force élastique de la vapeur déduite de l'observation de la température du point de rosée et celle qu'il détermine au moyen de la formule (A) d'après l'observation du psychromètre.

» M. August trouve également une vérification complète de sa formule dans les expériences faites anciennement par M. Gay-Lussac sur le froid produit par l'évaporation de l'eau à la surface de la boule d'un thermomètre placé dans un courant d'air sec (*Annales de Chimie et de Physique*, 2e série, t. XXI, p. 82).

» Pour obtenir la formule qui s'applique à ce dernier cas, il faut supposer $x = 0$ dans l'équation (1); celle-ci devient alors

$$(3)\qquad \gamma(h - f')(t - t') = f'\lambda\delta.$$

» Si l'on substitue à la place de f' la fonction $\varphi(t')$ qui exprime la force élastique de la vapeur d'eau à saturation par rapport à la température, on aura une équation en t' qui, résolue par rapport à cette quantité, donnera la température à laquelle descendra un thermomètre dont la boule est constamment mouillée, quand ce thermomètre est placé dans un courant d'air sec d'une température t. Mais la fonction $\varphi(t')$ est trop compliquée pour que l'on puisse résoudre l'équation en t'; il faut faire l'inverse, supposer successivement

$$t' = 0 = 1 = 2\ldots,$$

et résoudre l'équation par rapport à t. On obtient ainsi les températures t et t' de deux thermomètres, le premier sec, le second mouillé, placés dans un même courant d'air sec. Les nombres intermédiaires pourront se calculer par une simple interpolation proportionnelle. L'équation (3), résolue par rapport à t, donne

$$t = t' + \frac{f'\lambda\delta}{\gamma(h - f')} = t' + \frac{\lambda}{0,429}\cdot\frac{f'}{h - f'},$$

ou

$$t = t' + \frac{(610 - t')f'}{0,420(h - f')}.$$

» Le tableau suivant renferme quelques valeurs de t calculées de cette manière, en supposant $h = 760$ millimètres :

t'.	t.	$t - t'$.
— 5°	0°,68	5°,68
— 4	2,18	6,18
— 3	3,70	6,70
— 2	5,35	7,35
— 1	6,95	7,95
0	8,65	8,65
+ 1	10,28	9,28
2	11,95	9,95
3	13,67	10,67
4	15,42	11,42
5	17,22	12,22
6	19,08	13,08
7	20,99	13,99
8	22,96	14,96
9	24,97	15,97
10	27,05	17,05
11	29,21	18,21

» Les nombres que l'on trouve dans cette Table ne s'éloignent pas beaucoup des résultats observés par M. Gay-Lussac dans des expériences directes.

» La formule (3) ne tient aucun compte de la vitesse du courant d'air; d'après cette formule, la différence de température devrait être la même quelle que soit cette vitesse. Ce résultat paraît impossible à priori. J'ai cherché à déterminer, par des expériences directes, l'influence de cette vitesse et à reconnaître si, à partir d'une certaine valeur de la vitesse, les différences de température des thermomètres sec et mouillé deviendraient indépendantes de la vitesse absolue du courant d'air, conséquence à laquelle on se trouve naturellement conduit par le raisonnement que M. August applique au calcul de la formule du psychromètre.

» A cet effet, j'ai disposé l'appareil suivant :

» Un thermomètre sec a et un thermomètre à boule mouillée b sont placés dans deux boîtes cylindriques en laiton très-mince A et B. La boule du thermomètre b est recouverte d'une batiste qui est continuellement humectée par une mèche de coton qui plonge dans le petit ballon c renfermant de l'eau et dont le col est mastiqué hermétiquement dans la tubulure inférieure de la boîte B.

» Un tube en laiton recourbé plusieurs fois est mis en communication avec un grand tube plein de ponce sulfurique qui doit dessécher complétement l'air, et le tube D est mis en communication avec un aspirateur de grande capacité. Les expériences ont été faites dans le laboratoire de M. Reiset, avec deux aspirateurs ayant chacun 600 litres de capacité et qui sont disposés de façon à ce qu'ils puissent aspirer isolément ou tous les deux à la fois dans le même espace.

» L'appareil est placé dans une grande cloche en verre remplie d'eau à la température ambiante et que l'on agite continuellement. L'air sec, avant d'arriver au thermomètre *a*, a traversé un très-long tube métallique plongé dans l'eau du vase et a pris la température de cette eau; celle-ci est d'ailleurs très-voisine de la température ambiante.

» On ouvrait d'une certaine quantité le robinet d'un des aspirateurs, le thermomètre mouillé baissait aussitôt; au bout de quelque temps, il devenait stationnaire: on notait alors les températures indiquées par les deux thermomètres. Pour obtenir la vitesse du courant d'air, on recevait l'eau qui s'écoulait de l'aspirateur dans un ballon en verre portant un trait de repère sur le col et qui jaugeait 5 litres. On comptait sur une montre à seconde le nombre de secondes que le vase mettait à se remplir; il était facile de déduire de cette observation le nombre de centimètres cubes écoulés en une minute.

» On faisait une nouvelle détermination exactement de la même manière, en ouvrant davantage le robinet, et ainsi de suite. Pour obtenir un écoulement très-rapide, on faisait couler les deux aspirateurs à la fois.

» Voici les résultats qui ont été obtenus :

t.	t'.	$t - t'$.	Liquide écoulé en 1'.
14°,66	7°,28	7°,38	797
14,73	6,64	8,09	1096
14,93	5,39	9,54	1466
14,96	5,16	9,80	1845
14,96	4,67	10,29	3045
14,96	4,33	10,63	5067
21,48	10,78	10,70	815
21,50	10,05	11,45	1117
21,63	9,49	12,14	1523
21,70	9,18	12,52	1947
21,70	8,67	13,03	3019
21,70	8,56	13,14	3330

» Pour comparer plus facilement ces nombres, nous les rapporterons à la

même température t dans chacune des deux séries. Cette température sera 14°,96 pour la première série, et 21°,70 pour la seconde. A cet effet, nous ajouterons aux valeurs de t' des quantités égales à celles que nous aurons eu à ajouter aux valeurs de t pour établir l'égalité. Comme les quantités à ajouter sont très-petites, cette correction ne pourra pas occasionner d'erreurs sensibles. Nous obtiendrons ainsi :

t.	t'.	$t-t'$.	Liquide en 1'.
14°,96	7°,58	7°,38	797
»	6,87	8,09	1096
»	5,42	9,54	1466
»	5,16	9,80	1845
»	4,67	10,29	3045
»	4,33	10,63	5067
21,70	11,00	10,70	815
»	10,25	11,45	1117
»	9,56	12,14	1523
»	9,18	12,52	1947
»	8,67	13,03	3019
»	8,56	13,14	3330

» On voit que, pour une même température t, les températures t' dépendent beaucoup de la vitesse du courant d'air. Si l'on calcule avec la formule (3) les températures t' qui correspondent aux températures t, on trouve :

pour $t = 14°,96$ $t' = 3°,73$ $t - t' = 11°,23$
» $t = 21°,70$ $t' = 7°,36$ $t - t' = 14°,34$

» Les valeurs de t', que nous trouvons ainsi, sont encore plus faibles que celles que nous avons trouvées dans nos expériences avec les écoulements les plus rapides.

» On peut se faire une idée assez exacte de la marche de ces expériences en les représentant par une courbe graphique. On prend, sur la ligne des abscisses, des longueurs proportionnelles aux vitesses d'écoulement, et sur les ordonnées correspondantes, des longueurs proportionnelles aux températures t' du thermomètre mouillé. Pour $v = 0$, nous aurons évidemment $t' = t$; c'est le point où la courbe coupe l'axe des t. Si l'on mène une parallèle à l'axe des v, à une distance égale à la valeur de t', déduite de notre formule, on doit avoir une asymptote à la courbe, si cette valeur de t' correspond à une vitesse infinie du courant d'air; mais je me suis assuré qu'en établissant à travers l'ap-

pareil un courant d'air sec plus rapide que celui que nous avons obtenu dans les expériences précédentes, ce qui s'obtient facilement en faisant jouer une machine pneumatique, on voit la température t' du thermomètre mouillé descendre très-notablement au-dessous de celle que l'on déduit de la formule. J'ai obtenu, en effet, dans deux expériences :

t.	t'.	$t - t'$.	t' calculé par la formule.
18°,91	5°,39	13°,52	5°,91
22°,95	7°,35	15°,60	8°,00

» Les expériences précédentes démontrent que c'est par une circonstance fortuite que les expériences de M. Gay-Lussac ont donné des nombres qui s'éloignent peu de ceux que l'on déduit de la formule; car on aurait obtenu des nombres très-différents si l'on avait employé une autre vitesse du courant d'air. Les expériences de M. Gay-Lussac ne peuvent par conséquent pas être invoquées comme confirmant l'exactitude de la formule de M. August.

» Si la vitesse du courant exerce une grande influence sur l'abaissement de la température du thermomètre mouillé quand l'air est complétement sec, il est évident que cette influence doit encore être très-sensible lorsque l'air renferme une certaine quantité d'humidité. Pour m'en assurer, j'ai fait l'expérience suivante : L'appareil décrit ci-dessus a été mis en communication par son tube E avec un aspirateur; à l'extrémité G on a adapté un long tube de verre qui puisait l'air au dehors dans une cour, immédiatement à côté d'un psychromètre. On faisait couler l'aspirateur, et lorsque le thermomètre mouillé avait atteint son état stationnaire, on notait simultanément les deux thermomètres a et b de l'appareil, et les deux thermomètres du psychromètre extérieur. Comme c'est le même air qui agit sur les deux appareils psychrométriques, il est clair que la formule appliquée à leurs indications simultanées devrait conduire à la même quantité pondérale d'humidité.

» Dans une seconde expérience, pour obtenir un courant d'air plus rapide, on aspirait avec deux aspirateurs à la fois; enfin, dans une troisième expérience, on obtenait un courant très-rapide en aspirant l'air avec une machine pneumatique.

» Voici quelques résultats qui ont été obtenus de cette manière :

	PSYCHROMÈTRE EXTÉRIEUR.				PSYCHROMÈTRE DANS L'APPAREIL.			
	t.	t'.	$t-t'$.	f.	t.	t'.	$t-t'$.	f.
11 juin 1843.								
Aspiration par un aspirateur....	16°,40	12°,27	4°,13	8mm,40	14°,69	11°,17	3°,52	7°,98
— par deux aspirateurs..	16,79	12,39	4,40	8,33	14,77	10,74	4,03	7,44
— par un aspirateur....	18,15	13,34	4,81	8,69	14,80	11,17	3,63	7,92
12 juin.								
Machine pneumatique.........	13,15	10,82	2,33	8,41	14,58	10,52	4,06	7,29
13 juin.								
Deux aspirateurs	16,10	13,48	2,62	10,09	14,85	12,57	2,28	9,62

» On voit dans ce tableau, que lorsque le courant d'air a été déterminé par l'écoulement des aspirateurs ou par la machine, la force élastique de la vapeur calculée avec la formule, d'après les observations faites sur les thermomètres placés dans l'appareil, a toujours été plus petite que celle que l'on déduit de l'observation du psychromètre placé au dehors; le contraire aurait certainement lieu si le courant d'air était très-peu rapide.

» Il résulte, de tout ce qui vient d'être dit, que l'agitation de l'air doit exercer une influence très-sensible sur les indications du psychromètre ; il est facile de s'en convaincre par une expérience directe. On fixe un psychromètre à la circonférence d'une roue horizontale à laquelle on peut imprimer un mouvement très-rapide. On reconnaît que, pendant le mouvement, le thermomètre sec monte d'une petite fraction de degré, mais le thermomètre mouillé descend constamment de plusieurs dixièmes de degré.

» Je ne pense pas que l'on puisse admettre comme base du calcul du psychromètre l'hypothèse fondamentale adoptée par M. August : à savoir, que tout l'air qui fournit de la chaleur au thermomètre mouillé descend jusqu'à la température t' indiquée par celui-ci et se sature complétement d'humidité. Il me paraît probable que la portion de l'air qui se refroidit ne descend pas jusqu'à t' et qu'elle ne se sature pas d'humidité. Le rapport de la quantité de chaleur que l'air enlève à la boule par vaporisation de l'eau, à la quantité de chaleur qu'il perd en se refroidissant, est probablement d'autant plus grand que cet air est plus sec, parce que, dans cet état, il est beaucoup plus avide d'humidité que quand il approche de son état de saturation.

» Enfin, la température de la boule mouillée est influencée encore autrement que par l'air immédiatement ambiant; elle est soumise au rayonnement de l'enceinte dont l'influence sera variable suivant l'état d'agitation de l'air.

» Il me paraît impossible de faire entrer toutes ces circonstances dans le calcul théorique de l'instrument, et je crois qu'il est plus sage de ne faire servir les considérations théoriques qu'à la recherche de la forme de la fonction, et à déterminer ensuite les constantes par des expériences faites dans des conditions déterminées. Cette manière d'opérer me paraît d'autant plus nécessaire, qu'il reste beaucoup d'incertitude sur plusieurs des éléments numériques qui entrent dans le calcul, notamment sur la chaleur spécifique de l'air, sur celle de la vapeur et sur la chaleur absorbée par l'eau, lorsqu'elle se vaporise dans l'air. J'indiquerai à la fin de ce Mémoire des procédés qui permettront, je pense, de déterminer ces éléments avec précision par des expériences directes.

» Ainsi, nous poserons

$$(4) \qquad x = \mathrm{A}f' - \frac{\mathrm{B}(t-t')}{\lambda}\cdot h,$$

et nous rechercherons si cette formule, appliquée au calcul des indications d'un psychromètre placé dans des circonstances très-variées, peut donner dans tous ces cas la quantité réelle d'humidité, en déterminant convenablement les constantes A et B. Si la formule ainsi déterminée ne peut pas représenter la quantité d'humidité qui existe dans tous les cas, on pourra supposer A et B des fonctions de t, ou de t', ou de $(t-t')$, que, pour plus de simplicité, on prendra de la forme $a + bt$ ou $\frac{1}{a+bt}$ etc.

» J'ai commencé par chercher si la température du thermomètre mouillé ne dépendait pas de la forme ou de la grosseur de son réservoir et de la manière dont il est mouillé. J'ai reconnu que dans un air peu agité, dans l'amphithéâtre de physique du Collége de France, qui présente une capacité totale d'environ 600 mètres cubes, un thermomètre à réservoir sphérique assez gros, de 17 millimètres de diamètre, montrait constamment une température supérieure de 0°,10 à 0°,20 à celle marquée par deux thermomètres à réservoir cylindrique très-longs, qui étaient placés immédiatement à côté. En plein air, la différence se maintenait dans le même sens, mais elle devenait plus faible. Le réservoir sphérique du thermomètre que j'ai employé pour cette expérience est beaucoup plus gros que ne le sont ordinairement les réser-

voirs des thermomètres que l'on emploie dans le psychromètre; mais je l'ai choisi ainsi à dessein, afin d'augmenter la différence s'il en existait une. Je crois que l'on peut conclure de là que la forme du réservoir n'exerce qu'une influence très-faible sur la température stationnaire à laquelle parvient le thermomètre mouillé. Je donne cependant la préférence aux thermomètres à réservoirs cylindriques, parce qu'ils sont beaucoup plus sensibles aux variations de température qui surviennent dans l'air, et que, pour la même masse de mercure, ils présentent à l'air une surface beaucoup plus grande.

» J'ai reconnu que la manière de mouiller le thermomètre n'exerçait pas non plus d'influence sensible, pourvu que la quantité d'eau qui arrive sur la batiste qui enveloppe la boule soit suffisante. Lorsque cette quantité est plus grande que celle qui s'évapore, et, par conséquent, qu'une goutte d'eau tombe de temps en temps à l'extrémité du réservoir, je n'ai encore observé aucune différence sensible. Il est évident, d'ailleurs, que la quantité d'eau qui arrive en excès doit toujours être très-petite, sans quoi elle n'aurait pas le temps de se refroidir par la vaporisation. Le trajet plus ou moins long que cette eau parcourt sur la mèche de coton depuis le réservoir jusqu'à la boule du thermomètre, ne m'a pas paru non plus exercer d'influence sensible, au moins dans les limites que l'on ne dépasse pas dans la construction ordinaire du psychromètre.

Première série d'expériences.

» Les appareils thermométriques employés étaient un thermomètre A à boule sèche, dont le réservoir a 8 millimètres de diamètre et 30 millimètres de long;

» Un thermomètre mouillé B, dont le réservoir a 5 millimètres de diamètre et 60 millimètres de longueur;

» Un thermomètre mouillé C; diamètre du réservoir, 7 millimètres; longueur, 45 millimètres.

» Ces thermomètres sont établis à l'extrémité d'une planche de 2 mètres de longueur, les réservoirs se trouvent à 4 décimètres au-dessus de la planche; l'autre extrémité de la planche est fixée au balcon d'une fenêtre exposée au nord et située au premier étage. Ces thermomètres se trouvent dans l'air d'une grande cour (la grande cour carrée du Collége de France), à une distance de 7 mètres au-dessus du sol; on observe ces thermomètres avec une lunette. Au moyen d'un aspirateur et d'un long tube en verre, on vient puiser l'air à une petite distance des thermomètres, et l'on fait passer cet air à travers des tubes desséchants tarés. Pendant l'écoulement de l'aspirateur, on inscrit régulièrement de cinq minutes en cinq minutes les indications des thermomètres. On prend les moyennes que l'on fait entrer dans la formule du psychromètre,

pour calculer les quantités d'humidité et les comparer à celles qui ont été obtenues par pesée directe.

» Pour juger plus facilement de la marche des expériences, j'ai adopté la formule

$$x = f' - \frac{0{,}429\,(t-t')}{610-t'} \cdot h.$$

Les valeurs $\frac{x}{f}$ de la fraction de saturation inscrite dans le tableau ont été calculées avec la valeur de x trouvée au moyen de cette formule.

TABLEAU N° I. — *Expériences sur le psychromètre faites dans la grande cour carrée du Collége de France.*

NUMÉRO de l'aspirateur.	THERMOMÈTRE sec A : t.	THERMOMÈTRES MOUILLÉS : t'.		$t-t'$.	h_0.	POIDS de l'eau trouvé : p.	FRACTION DE SATURATION trouvée : $\frac{p}{P}$.	FRACTION DE SATURATION calculée : $\frac{x}{f}$.
PREMIÈRE SÉRIE.								
	°	°	°	°	mm	gr		
N° 1.	12,12	7,07	7,10	5,04	764,38	0,270	0,396	0,424
"	12,54	7,61	7,63	4,92	764,35	0,3035	0,466	0,474
"	14,07	7,56	7,60	6,49	764,43	0,2595	0,362	0,356
"	15,24	9,52	9,53	5,72	762,42	0,324	0,420	0,417
"	16,68	10,06	10,06	6,62	760,42	0,319	0,377	0,396
"	17,88	8,27	8,30	9,60	754,89	0,1755	0,193	0,197
"	13,18	8,87	8,97	4,26	756,43	0,340	0,506	0,551
"	18,08	11,66	11,68	6,41	754,72	0,399	0,438	0,438
"	18,47	10,60	10,68	7,83	754,36	0,3245	0,344	0,337
"	18,06	"	12,51	5,55	751,10	0,436	0,496	0,507
"	13,12	9,39	9,46	3,69	749,38	0,398	0,597	0,609
"	9,39	5,62	5,68	3,74	737,09	0,287	0,545	0,554
"	7,16	5,29	5,31	1,86	748,71	0,332	0,731	0,750
DEUXIÈME SÉRIE. — *Petit psychromètre.*								
"	17,90	11,79	"	6,11	752,61	0,392	0,439	0,463
"	17,70	11,71	"	5,99	752,50	0,405	0,454	0,466
"	14,51	11,06	"	3,45	755,57	0,455	0,628	0,646
"	16,58	12,24	"	4,34	755,10	0,466	0,563	0,589
"	16,33	12,34	"	3,99	754,70	0,485	0,594	0,617
"	16,05	12,84	"	3,21	754,65	0,543	0,677	0,685

Les fractions de saturation, calculées au moyen de la formule, s'accordent ici d'une manière très-satisfaisante avec celles que l'on a trouvées par les pesées directes. Mais l'accord a été beaucoup moins parfait dans les basses températures et dans de l'air très-humide, comme on peut en juger par le tableau suivant qui renferme des expériences qui ont été faites dans des circonstances toutes semblables, au mois de décembre 1842. Le psychromètre employé dans ces dernières expériences se composait de deux thermomètres à réservoir sphérique de 10 millimètres de diamètre. Le même appareil avait été employé dans la deuxième série du tableau précédent.

Tableau n° II.

Thermomètre sec : t.	Thermomètre mouillé : t'.	$t - t'$.	h_0.	Poids de l'eau trouvé : p.	Fraction de saturation trouvée : $\frac{P}{p}$.	Fraction de saturation calculée : $\frac{x}{f}$.
°	°	°	mm	gr		
7,26	6,51	0,75	772,52	0,391	0,8503	0,896
7,70	6,66	1,04	771,73	0,401	0,8406	0,859
7,10	6,95	0,15	771,87	0,441	0,9626	0,979
8,25	8,10	0,15	768,33	0,4835	0,9783	0,979
9,65	8,89	0,76	766,62	0,473	0,8734	0,904
9,84	8,92	0,92	764,69	0.473	0,8616	0,889
5,64	4,54	1,10	753,50	0,331	0,8035	0,841
6,87	4,67	2,20	753,75	0,278	0,6193	0,694
1,37	1,14	0,23	759,36	0,266	0,9877	0,959
5,65	4,46	1,19	758,67	0,314	0,7576	0,828
0,85	0,29	0,56	755,33	0,2435	0,8183	0,900
7,52	6,22	1,30	748,14	0,361	0,7659	0,826
8,33	6,76	1,57	748,14	0,372	0,7436	0,797
5,80	5,41	0,39	768,22	0,3525	0,8314	0,943
8,56	7,73	0,83	770,13	0,4345	0,8533	0,891

» Les fractions de saturation calculées sont toutes, excepté une seule, plus fortes que celles qui ont été données par les expériences directes, et souvent d'une manière très-notable, de $\frac{1}{10}$; il est vrai de dire que dans les basses températures, et pour de grands degrés d'humidité, les indications du psychromètre offrent peu de précision à cause de la faible différence des températures marquées par les thermomètres sec et mouillé.

» Deux autres séries d'expériences ont été faites dans des espaces fermés; elles ont eu pour objet de démontrer que la même formule ne peut pas être appliquée dans ce cas. La première série, tableau n° III, a été faite dans une chambre de 100 mètres cubes de capacité, dans laquelle ne pénétrait pas l'expérimentateur qui observait les thermomètres d'une chambre voisine avec une lunette. La deuxième série, tableau n° IV, a été faite dans l'amphithéâtre de physique du Collége de France.

Tableau n° III. — *Expériences faites dans une chambre fermée du Collége de France.* (Août 1843.)

t.	t'.	$t - t'$.	h_0.	p.	$\frac{p}{P}$.	$\frac{x}{f}$.
21°,44	17°,44	4°,00	760mm,13	0gr,605	0,5649	0,6644
21,65	17,73	3,92	757,03	0,624	0,5743	0,6745
22,06	18,08	3,98	756,75	0,644	0,5775	0,6716
22,47	18,41	4,06	756,27	0,659	0,5769	0,6689
22,39	18,48	3,91	758,50	0,661	0,5816	0,6831
23,52	19,32	4,20	758,49	0,686	0,5652	0,6663
23,38	18,02	5,36	758,61	0,594	0,4930	0,5814
23,73	18,44	5,29	757,40	0,598	0,4889	0,5902
25,75	19,81	5,94	755,33	0,652	0,4731	0,5656
23,44	18,97	4,47	758,28	0,669	0,5530	0,6457

Tableau n° IV. — *Expériences faites dans l'amphithéâtre de physique.*

N° de l'aspirateur.	Thermom. sec A : t.	Thermomètres mouillés : t'.		$t - t'$.	h_0.	Poids de l'eau trouvé : p.	Fraction de saturation trouvée : $\frac{p}{P}$.	Fraction de saturation calculée : $\frac{x}{f}$.
"	8°,06	6°,67	6°,69	1°,38	757mm,39	0gr,3585	0,7525	0,8187
"	8,29	6,52	6,55	1,75	762,92	0,344	0,7107	0,7709
"	9,15	7,23	7,23	1,92	764,98	0,345	0,6738	0,7582
2	15,71	12,14	12,20	3,54	751,59	0,460	0,597	0,652
"	16,19	12,49	12,55	3,67	752,35	0,461	0,581	0,645
"	16,32	12,65	12,71	3,64	751,36	0,463	0,580	0,649
"	14,78	12,01	11,98	2,78	752,97	0,474	0,653	0,715
"	15,25	12,34	12,34	2,91	735,43	0,479	0,640	0,706

» Les fractions de saturation, calculées avec la formule, sont ici beaucoup

plus fortes que celles que l'on déduit des pesées directes de l'eau renfermée dans l'air; en d'autres termes, la température t', marquée par le thermomètre mouillé, n'est pas assez abaissée par la vaporisation de l'eau qui se fait à sa surface pour donner dans la formule la véritable force élastique x de la vapeur. Cette circonstance tient évidemment à ce que l'air se trouve beaucoup moins agité qu'à l'extérieur.

» Les expériences inscrites dans le tableau n° V, comparées à celles du tableau n° IV, le prouvent d'une manière tout à fait évidente. Le psychromètre étant placé dans l'amphithéâtre de physique, exactement comme dans les expériences du tableau n° IV, on a ouvert deux grandes fenêtres des deux côtés opposés. Les thermomètres étant placés entre les deux fenêtres, se sont trouvés exposés à un courant d'air assez fort. Les indications de l'appareil se sont immédiatement rapprochées de celles qu'il aurait données à l'air libre.

Tableau n° V. — *Expériences dans l'amphithéâtre de physique, les deux fenêtres opposées ouvertes.*

ASPIRATEUR.	t.	t'.		$t - t'$.	h_0.	p.	$\frac{p}{P}$.	$\frac{x}{f}$.
	o	o	o	o	mm	gr		
N° 2.	17,49	11,54	11,60	5,92	750,97	0,382	0,444	0,469
"	17,21	11,50	11,62	5,65	753,06	0,394	0,468	0,486
"	17,45	11,60	11,71	5,80	752,56	0,389	0,454	0,478
"	13,01	10,05	10,11	2,93	755,73	0,431	0,665	0,683
"	14,05	10,72	10,80	3,29	755,68	0,440	0,636	0,658
"	16,19	11,88	11,95	4,28	755,11	0,450	0,570	0,589
"	16,20	12,25	12,33	3,91	754,70	0,474	0,598	0,623

» Ces expériences démontrent de la manière la plus évidente que la même formule ne peut pas s'appliquer à ces différents cas.

» J'ai cherché à reconnaître si une même formule pouvait être adoptée dans des expériences faites *à l'air libre*, mais sous des pressions très-différentes de l'atmosphère. Il fallait pour cela exécuter dans des localités très-élevées les mêmes expériences que j'avais faites à Paris; ne pouvant pas me livrer moi-même à ces expériences, j'ai prié M. Marié, un de mes élèves, de les exécuter.

» Ce jeune physicien a fait deux séries d'expériences, l'une à Saint-Étienne pendant les mois de mai et juin 1843, sous une pression moyenne du baromètre de 705 millimètres; l'autre, sur le mont Pila, sous une pression de 655 millimètres.

» Les expériences de M. Marié ont été faites par les mêmes méthodes que les miennes, mais elles présentent des irrégularités beaucoup plus grandes. Ces expériences ont eu lieu dans des circonstances peu favorables, les thermomètres ont varié souvent de plusieurs degrés pendant la durée d'une même expérience : il devient alors très-difficile d'évaluer par le calcul la quantité moyenne d'humidité, à moins que les observations des thermomètres ne soient faites à des intervalles de temps très-rapprochés, ce qui malheureusement n'a pas eu lieu dans les expériences de M. Marié.

» Enfin, M. Izarn a bien voulu, de son côté, faire quelques expériences dans les Pyrénées, pendant le mois de juillet 1844. Ces dernières expériences ont été faites en observant, d'un côté, les indications du psychromètre qui a servi aux observations des tableaux n° I, deuxième série, et n° III, et en déterminant, de l'autre côté, le point de saturation de l'air au moyen de mon hygromètre condenseur.

PSYCHROMÈTRE			CONDENSEUR	H_0.	FRACTION DE SATURATION.	
t.	t'.	$t-t'$.	θ.		Condenseur.	Psychromèt.
20°,12	17°,37	2°,75	15°,39	700mm	0,7437	0,7632
20,68	16,77	3,91	15,34	"	0,7157	0,6746
20,56	16,91	3,65	14,99	"	0,7047	0,6937
20,92	18,45	2,47	16,62	"	0,7651	0,7903
20,55	18,29	2,26	16,70	"	0,7864	0,8055
20,32	18,22	2,10	16,63	"	0,7942	0,8177
13,50	11,53	1,97	9,22	"	0,7542	0,7937
13,60	11,56	2,04	9,32	"	0,7548	0,7871
13,44	11,51	1,93	9,37	"	0,7652	0,7975
14,13	11,97	2,16	9,43	"	0,7350	0,7786

» Les expériences de M. Izarn donnent pour $\frac{x}{f}$ des valeurs un peu plus grandes que celles que l'on déduit de l'observation de la température du point de rosée sur le condenseur.

» Les expériences de M. Marié donnent, en général, le même résultat.

» L'ensemble de ces déterminations fait voir qu'en adoptant, pour les observations faites à l'air libre, la formule numérique

$$x = f' - \frac{0,429(t-t')}{610-t'} \cdot h,$$

on obtient des forces élastiques x un peu trop fortes; il suffirait, par conséquent, pour approcher davantage des valeurs réelles, de remplacer le coefficient 0,429 par un coefficient un peu plus grand. Le coefficient 0,480 amène une coïncidence presque complète entre les résultats calculés et les résultats trouvés par l'observation directe, dans les fractions de saturation qui dépassent 0,40; mais il produit une différence plus grande que le coefficient 0,429, et en sens inverse pour des fractions de saturation plus faibles. Il semble résulter de là que le coefficient B de la formule (4) dépend de $(t-t')$; ce qui tient évidemment à ce que l'air enlève proportionnellement plus de vapeur quand il est très-sec que lorsqu'il s'approche de la saturation.

» Pour représenter les déterminations faites dans des espaces clos, comme celles des tableaux n°s III et IV, il faudrait adopter un coefficient beaucoup plus élevé.

» Je m'abstiendrai pour le moment d'établir une nouvelle formule du psychromètre, je ne regarde pas les éléments que j'ai à ma disposition comme suffisants : je m'occupe de déterminer par des expériences directes la valeur de λ, c'est-à-dire la chaleur latente que l'eau absorbe en se vaporisant dans de l'air ayant une température déterminée t; la valeur $610-t$, que j'ai posée plus haut, a été admise par induction d'après des expériences nombreuses que j'ai faites sur la chaleur latente de la vapeur aqueuse sous différentes pressions, et que je publierai prochainement. Mais, dans ces expériences, je n'ai jamais opéré sous des pressions de la vapeur plus faibles que $\frac{1}{5}$ d'atmosphère, et celles-ci sont encore beaucoup plus fortes que les tensions que nous trouvons à la vapeur atmosphérique.

» Il conviendra également de faire de nouvelles expériences dans des localités très-élevées, pour s'assurer si le second terme corrige convenablement la formule pour les variations de h.

» Les développements que je viens de donner suffiront pour prouver que la théorie du psychromètre n'est pas aussi simple qu'on l'admet généralement, et que, pour rendre cet instrument réellement utile à la météorologie et à la physique du globe, il faut se livrer à un grand nombre d'expériences directes, dans des circonstances très-variées, pour reconnaître s'il est *possible* de déterminer une formule unique pour le psychromètre, et pour obtenir les éléments nécessaires pour calculer les coefficients.

» Il est à désirer que les physiciens qui s'intéressent aux progrès de la météorologie veuillent bien s'occuper de ces expériences dans des climats différents, et j'espère que la discussion à laquelle je viens de me livrer, et les méthodes que j'ai exposées dans ce Mémoire, pourront leur être de quelque utilité dans leurs recherches. »

OPTIQUE. — *Mémoire sur la vision; par* M. STURM. (Fin.)

« Il ne sera pas inutile de citer encore à ce sujet quelques observations de M. Plateau, connu par ses recherches ingénieuses sur les apparences visuelles. Il a constaté (*Bulletin de l'Académie de Bruxelles*, 1834, n° 27), que la vision *ne s'effectue pas d'une manière symétrique dans tous les sens autour de l'axe optique*. Lorsqu'il remarqua ces effets singuliers, il crut d'abord qu'ils résultaient d'une conformation particulière de ses yeux; mais depuis, il a reconnu que des effets semblables se produisent d'une manière plus ou moins prononcée dans la plupart des yeux, sinon dans tous, car il n'a rencontré aucune personne à qui ne réussît au moins l'une des expériences suivantes.

» Sur un carton blanc on trace deux bandes noires qui se coupent à angles droits, ayant une même largeur de 8 à 9 millimètres. On place ce carton dans un lieu bien éclairé, de manière que les deux bandes soient l'une horizontale et l'autre verticale, puis on s'en éloigne d'une vingtaine de pas. A cette distance, la bande horizontale paraît, pour certains yeux, plus large et plus noire que la seconde; pour d'autres yeux, c'est la bande verticale qui paraît plus large et plus noire. Si l'on incline la tête de manière que la ligne qui joint les deux yeux soit verticale, l'effet devient inverse. Si l'on incline la tête d'environ 45 degrés, ou si, la tête restant droite, on tourne le carton de manière que les deux bandes soient également inclinées sur l'horizon, elles paraissent identiques en largeur et en teinte. On obtient des effets analogues en employant une croix blanche sur un fond noir.

» Si l'on regarde un anneau circulaire noir sur un fond blanc, ou blanc sur un fond noir, la largeur de l'anneau étant de 5 millimètres, l'anneau paraît plus large et d'une teinte plus forte en deux points opposés qui, pour certains yeux, occupent le haut et le bas de l'anneau, et pour d'autres les côtés. Chez quelques personnes, ces deux points sont placés aux extrémités d'un diamètre oblique à l'horizon. Si l'on incline la tête, l'effet suit constamment la position des yeux. Plusieurs anneaux concentriques produisent des effets encore plus intenses. Les raies parallèles d'une gravure paraissent aussi plus ou moins espacées et distinctes, suivant leur inclinaison à l'horizon et la distance à laquelle on se place. Enfin, si l'on regarde une gravure dans laquelle deux systèmes de raies semblables se coupent à angles droits, et si l'on l'éloigne graduellement des yeux en la plaçant de manière que les raies soient les unes horizontales, les autres verticales, l'un des deux systèmes cesse avant l'autre d'être distinct.

» La forme que j'ai assignée aux faisceaux lumineux, dans le fond de l'œil,

explique aussi son achromatisme apparent. Diverses expériences de Wollaston, de Young, de Fraunhofer, confirmées par MM. Arago et Dulong, ont démontré positivement que l'œil n'est pas réellement achromatique, c'est-à-dire qu'il *disperse* tout rayon de lumière non homogène. L'absence des bandes irisées dans les images des objets qu'on regarde, excepté dans des cas très-particuliers, est assez généralement attribuée à la ténuité de chaque faisceau lumineux qui passe par l'ouverture de la pupille, et à ce que les rayons inégalement réfrangibles, rencontrant les surfaces des milieux de l'œil sous des incidences presque normales, doivent s'écarter très-peu d'un certain rayon central qui est à peine dévié et dispersé, de sorte que l'image formée sur la rétine (ou dans son épaisseur) n'y occupe qu'un très-petit espace. Je crois rendre cette explication plus complète et plus satisfaisante, en ajoutant que, d'après mes principes, lorsqu'un faisceau très-mince émané d'un point lumineux s'est réfracté et dispersé dans l'œil, l'intervalle focal Ff propre aux rayons simples les moins réfrangibles, et mesuré sur le rayon central le moins dévié, coïncide sensiblement en direction avec un autre intervalle focal $F'f'$ appartenant aux rayons simples les plus réfrangibles, et que ces deux intervalles ont une portion commune $F'f$, autour de laquelle les rayons de couleurs diverses se condensent et se superposent, de manière à recomposer par leur mélange la teinte de l'objet extérieur. Cette superposition des rayons divers diminue l'inconvénient, remarqué plus haut, d'avoir pour un simple point une image sur la rétine plus longue que large, quand les rayons sont homogènes.

» Cette théorie sur la marche des rayons dans l'œil aurait besoin d'être vérifiée par des expériences directes, qui exigeraient, pour être concluantes, des préparations et des mesures assez délicates. Je ne dirai rien ici de mes essais, auxquels je n'ai pas encore apporté la précision nécessaire.

» Je vais maintenant donner les calculs par lesquels on peut déterminer la figure d'un faisceau très-mince de rayons lumineux homogènes émanés d'un point et qui ont traversé différents milieux. D'après le théorème de Malus généralisé, ces rayons, après leur dernière réfraction, sont dirigés suivant les normales d'une certaine surface.

» Considérons donc une surface quelconque s (*voir* la figure ci-dessus) rapportée à trois axes de coordonnées rectangulaires et représentée par une équation

$$z = f(x, y).$$

En posant

$$\frac{dz}{dx} = p, \quad \frac{dz}{dy} = q,$$

les équations de la normale à cette surface en un point quelconque (x, y, z) sont, comme on sait,

$$X - x + p(Z - z) = 0,$$
$$Y - y + q(Z - z) = 0,$$

X, Y, Z étant les coordonnées courantes.

» Si l'on prend pour origine un point O de la surface s, pour axe des z la normale en ce point, et pour axes des x et des y deux droites perpendiculaires entre elles dans le plan tangent au point O, x, y, z, p et q seront nulles pour le point O, et l'on aura, pour la normale OZ,

$$X = 0, \quad Y = 0.$$

» Considérons un autre point M, voisin du point O, et dont les coordonnées soient ξ, η, ζ. Si l'on pose

$$\frac{dp}{dx} = r, \quad \frac{dp}{dy} = s = \frac{dq}{dx}, \quad \frac{dq}{dy} = t,$$

la valeur de p, en passant du point O au point M, deviendra

$$p + \frac{dp}{dx}\xi + \frac{dp}{dy}\eta + \mu,$$

ou

$$r\xi + s\eta + \mu;$$

p étant nulle pour le point O, les valeurs de r, s étant prises pour le point O, et μ désignant une quantité dont le rapport à ξ ou à η tend vers zéro quand ξ et η deviennent infiniment petites.

» De même, la valeur de q pour le point M sera

$$s\xi + t\eta + \nu,$$

s et t se rapportant encore au point O, et ν devenant infiniment petit vis-à-vis de ξ ou η.

» La normale au point M est donc représentée par les deux équations

$$X - \xi + (r\xi + s\eta + \mu)(Z - \zeta) = 0,$$
$$Y - \eta + (s\xi + t\eta + \nu)(Z - \zeta) = 0,$$

qui deviennent

$$X - \xi + (r\xi + s\eta) Z = 0,$$
$$Y - \eta + (s\xi + t\eta) Z = 0,$$

si l'on suppose le point M très-rapproché du point O, en ne prenant que les termes du premier ordre par rapport à ξ et η. On néglige ζ, qui est du deuxième ordre [puisque $\zeta = \frac{1}{2}(r\xi^2 + 2s\xi\eta + t\eta^2) +$ etc.], et qui est d'ailleurs multipliée par des quantités très-petites du premier ordre.

» Si l'on prend pour axes des x et des y les tangentes aux deux sections principales de la surface au point O, on aura

$$s = 0, \quad r = \frac{1}{F}, \quad t = \frac{1}{f},$$

en désignant par F et f les deux rayons de courbure principaux OF et Of de la surface au point O, chacun de ces rayons pouvant être positif ou négatif, selon qu'il est dirigé dans le sens de OZ ou dans le sens contraire ; et les équations de la normale au point M deviendront

$$X = \xi\left(1 - \frac{Z}{F}\right), \quad Y = \eta\left(1 - \frac{Z}{f}\right).$$

Cette normale rencontre le plan ZOX en un point pour lequel

$$Y = 0, \quad Z = f \quad \text{et} \quad X = \xi\left(1 - \frac{f}{F}\right),$$

et le plan ZOY en un autre point pour lequel

$$X = 0, \quad Y = F \quad \text{et} \quad Y = \eta\left(1 - \frac{F}{f}\right),$$

d'où l'on voit qu'elle coupe la droite cfc' parallèle à OX menée par le centre de courbure f, en un point dont la distance à ce point f est proportionnelle à ξ, et qu'elle coupe aussi la droite CFC' parallèle à OY menée par l'autre centre de courbure F, et à une distance de F proportionnelle à η. Cette normale en M est donc dirigée suivant l'intersection de deux plans passant par le point M et par les deux droites cfc' et CFC'. Ainsi les normales ou les rayons de lumière qui passent par les différents points d'un contour très-petit, tracé autour du point O sur la surface ou sur son plan tangent, s'appuient toujours sur les deux droites fixes cfc' et CFC', et forment une surface réglée dont il est aisé d'avoir l'équation. En supposant que ce petit contour ou diaphragme soit un cercle ayant pour centre le point O et pour rayon δ, on aura l'équa-

tion de cette surface réglée en éliminant ξ et η entre les équations de la normale Mm,

$$X = \xi\left(1 - \frac{Z}{F}\right), \quad Y = \eta\left(1 - \frac{Z}{f}\right),$$

et celle du cercle

$$\xi^2 + \eta^2 = \delta^2,$$

ce qui donne

$$\frac{X^2}{\delta^2\left(1 - \frac{Z}{F}\right)^2} + \frac{Y^2}{\delta^2\left(1 - \frac{Z}{f}\right)^2} = 1.$$

» En faisant Z constante, on voit que toute section *aob* de la surface réglée perpendiculaire à l'axe OZ est une ellipse dont les demi-axes situés dans les deux plans principaux de la surface *s* sont

$$\delta\left(1 - \frac{Z}{F}\right) \quad \text{et} \quad \delta\left(1 - \frac{Z}{f}\right), \quad \text{ou} \quad \delta.\frac{oF}{OF} \quad \text{et} \quad \delta.\frac{oF}{Of},$$

et dont l'aire est

$$\pi\delta^2.\left(1 - \frac{Z}{F}\right)\left(1 - \frac{Z}{f}\right), \quad \text{ou} \quad \pi\delta^2.\frac{oF.of}{OF.Of},$$

de sorte que cette aire varie comme le rectangle $oF.of$. L'aire maximum entre F et f répond au milieu de l'intervalle Ff, et a pour valeur

$$\pi\delta^2.\frac{(F-f)^2}{4Ff}.$$

A chacun des points F et f, la section se réduit à une ligne droite. La section devient un cercle quand on a

$$1 - \frac{Z}{F} = \frac{Z}{f} - 1, \quad \text{ou} \quad \frac{F-Z}{F} = \frac{Z-f}{f},$$

c'est-à-dire

$$oF : of :: OF : Of.$$

Son rayon est

$$\delta.\left(\frac{F-f}{F+f}\right),$$

et son aire

$$\pi\delta^2.\left(\frac{F-f}{F+f}\right)^2.$$

» On voit, au reste, que la normale Mm à la surface s en un point quelconque M (ξ, η, ζ) infiniment voisin du point O coïncide en direction avec la normale au paraboloïde osculateur représenté par l'équation

$$\zeta = \tfrac{1}{2}(r\xi^2 + t\eta^2) \quad \text{ou} \quad \zeta = \tfrac{1}{2}\left(\frac{\xi^2}{F} + \frac{\eta^2}{f}\right),$$

en négligeant les infiniment petits du deuxième ordre dans l'équation de la normale.

» La considération de deux normales infiniment voisines conduit de la manière la plus simple aux théorèmes sur la courbure des surfaces, qui complètent ce qu'on peut dire sur la forme d'un petit faisceau de normales.

» En prenant, comme plus haut, pour axe des z la normale OZ au point O d'une surface s, la normale Mm en un point M situé à une distance infiniment petite δ du point O, et qui a pour coordonnées ξ, η, ζ, a pour équations

$$\begin{aligned} X - \xi + (r\xi + s\eta)\,Z = 0, \\ Y - \eta + (s\xi + t\eta)\,Z = 0 \end{aligned}$$

(en ne supposant pas encore $s = 0$).

» En désignant par φ l'angle que le plan ZOM fait avec le plan ZOX, on a

$$\xi = \delta \cos\varphi, \quad \eta = \delta \sin\varphi.$$

Le point M étant donné, la position de la normale en ce point sera déterminée, si l'on connaît l'angle infiniment petit μ que cette normale Mm fait avec sa projection sur le plan ZOM et l'angle ν que cette projection fait avec OZ. Le premier angle est le complément (positif ou négatif) de l'angle que la normale Mm fait avec la perpendiculaire au plan ZOM menée par le point M (dans l'angle MOX). Si l'on appelle c le cosinus de l'angle que la normale Mm fait avec l'axe OZ, on aura, d'après les équations de cette normale, pour les cosinus des angles qu'elle fait avec les trois axes OX, OY, OZ, les valeurs

$$-c\,(r\xi + s\eta), \quad -c\,(s\xi + t\eta) \quad \text{et} \quad c,$$

ou

$$-c\delta\,(r\cos\varphi + s\sin\varphi), \quad -c\delta\,(s\cos\varphi + t\sin\varphi) \quad \text{et} \quad c.$$

La perpendiculaire au plan ZOM (menée dans l'angle MOX) fait avec les

mêmes axes des angles dont les cosinus sont

$$\sin\varphi, \quad -\cos\varphi \text{ et } 0.$$

» Donc, d'après la formule qui donne le cosinus de l'angle de deux droites, et en négligeant toujours les infiniment petits du second ordre, auquel cas $c=1$, on aura

$$\sin\mu \text{ ou } \mu = \delta\,[(t-r)\sin\varphi\cos\varphi + s(\cos^2\varphi - \sin^2\varphi)],$$

ou

$$\mu = \tfrac{1}{2}\delta\,[(t-r)\sin 2\varphi + 2s\cos 2\varphi].$$

Si l'on considère un autre plan normal ZOM′, perpendiculaire au plan ZOM, la normale à la surface s, au point M′, fera, avec ce plan ZOM′, un angle μ' dont la valeur se déduira de celle de μ, en y remplaçant φ par $\varphi \pm \frac{\pi}{2}$, ce qui donne $\mu' = -\mu$, les deux longueurs infiniment petites OM, OM′, tangentes à la surface S, étant supposées égales et perpendiculaires entre elles. Ces angles μ et μ' étant de signes contraires, il doit exister, en vertu de la loi de continuité, entre OM et OM′ une direction intermédiaire ON telle, que la normale correspondante Nn se trouve dans le plan normal mené suivant cette direction; elle est déterminée par l'équation

$$\mu = 0 \text{ ou } (t-r)\sin 2\varphi + 2s\cos 2\varphi = 0,$$

d'où

$$\operatorname{tang} 2\varphi = \frac{2s}{r-t}.$$

La direction perpendiculaire à celle-là jouit de la même propriété, et, pour toute autre direction, μ ne sera pas nul, de sorte que la plus courte distance de la normale Mm à la normale OZ ne sera pas infiniment petite par rapport à OM.

» On voit même que les normales aux points M et M′ étant dirigées toutes deux en dedans ou en dehors de l'angle dièdre des deux plans rectangulaires ZOM, ZOM′, il y aura toujours entre ces deux plans une normale, et une seule, qui sera rigoureusement dans un même plan avec OZ, et coupera OZ, quand même on ne négligera rien dans le calcul, pourvu que la distance δ soit suffisamment petite.

» Ces propriétés, trouvées par M. Bertrand d'une autre manière, caractérisent, comme il l'a fait voir, un système de droites normales à une même

surface, et l'ont conduit à des conséquences remarquables. (Journal de M. Liouville, tome IX, page 133) [*].

» Si l'on prend l'axe OX suivant cette direction ON, φ désignera l'angle que fait avec ON la direction quelconque OM, et il faudra qu'on ait $\mu = 0$ pour $\varphi = 0$, ce qui donne $s = 0$; la valeur générale de μ devient alors

$$\mu = \tfrac{1}{2}\delta(t - r).\sin 2\varphi$$

(r et t désignant les valeurs de $\frac{d^2z}{dx^2}$, $\frac{d^2z}{dy^2}$ pour le point O par rapport aux nouveaux axes).

» Il est donc prouvé qu'on peut toujours mener par la normale OZ deux plans perpendiculaires entre eux, tels qu'en prenant ces plans avec le plan tangent XOY pour plans coordonnés, on ait, pour le point O, s ou $\frac{d^2z}{dx\,dy} = 0$. Ces plans déterminent les deux sections principales de la surface s.

» La projection de la normale quelconque Mm sur le plan ZOM fait avec OZ un angle ν dont la tangente est égale au cosinus de l'angle que la direction Mm fait avec OM divisé par le cosinus de l'angle que Mm fait avec OZ (car cette projection aurait pour équation

$$X - \xi = (Z - \zeta)\operatorname{tang}\nu,$$

---

[*] M. Bertrand a démontré (page 143) que pour que des droites dont la direction est donnée en fonction des coordonnées d'un quelconque de leurs points, soient normales à une surface (ou à une série de surfaces), il faut et il suffit qu'en prenant un point quelconque O dans l'espace et la droite OZ correspondante à ce point, puis portant perpendiculairement à OZ deux longueurs infiniment petites OM, OM', égales et perpendiculaires entre elles, la droite correspondante au point M fasse avec le plan ZOM un angle égal à celui que la droite correspondante au point M' fait avec le plan ZOM'.

J'ajouterai à cette proposition la suivante, qui la comprend et la complète :

Si l'on considère un système de lignes droites disposées dans l'espace suivant une loi analytique quelconque et qui ne puissent être normales à aucune surface, en prenant un point quelconque O dans l'espace et la droite OZ correspondante à ce point, puis portant perpendiculairement à OZ deux longueurs infiniment petites OM, OM', égales et perpendiculaires entre elles, les angles infiniment petits μ et μ' que feront la droite correspondante au point M avec le plan ZOM, et la droite correspondante au point M' avec le plan ZOM', auront leur somme (*algébrique*) $\mu + \mu'$ différente de zéro et constante, quelles que soient les directions des deux lignes OM, OM', pourvu qu'elles soient toujours égales, perpendiculaires l'une à l'autre et à OZ au même point O. La somme $\mu + \mu'$ est nulle dans le seul cas où les droites du système sont normales à une même surface.

si l'on prenait le plan ZOM pour plan des z, x). Ce dernier cosinus diffère infiniment peu de l'unité, et ν est infiniment petit; donc

$$\nu = \cos \mathrm{OM}m.$$

Or, la droite Mm fait, avec les axes OX, OY, OZ, des angles dont les cosinus sont

$$-c\delta(r\cos\varphi + s\sin\varphi), \quad -c\delta(s\cos\varphi + t\sin\varphi) \text{ et } c.$$

Pour la droite MO, les cosinus sont

$$-\cos\varphi, \quad -\sin\varphi \text{ et } 0.$$

Donc, en posant $c = 1$, on a

$$\cos \mathrm{OM}m, \quad \text{ou} \quad \nu = \delta(r\cos^2\varphi + 2s\sin\varphi\cos\varphi + t\sin^2\varphi).$$

» Le plan qui projette la normale Mm à la surface s, sur le plan ZOM, est normal en M à la courbe suivant laquelle le plan ZOM coupe la surface s; il rencontre la normale OZ en un point qui est, comme on sait, le centre de courbure de cette courbe; conséquemment, le rayon de courbure ρ de cette section normale ZOM est

$$\rho = \frac{\delta}{\nu} = \frac{1}{r\cos^2\varphi + 2s\sin\varphi\cos\varphi + t\sin^2\varphi}.$$

Si l'on prend pour axes des x et y les tangentes aux deux *sections principales*, on a

$$s = 0,$$

et

$$\rho = \frac{1}{r\cos^2\varphi + t\sin^2\varphi}, \quad \text{ou} \quad \frac{1}{\rho} = r\cos^2\varphi + t\sin^2\varphi.$$

En faisant $\varphi = 0$ et $\varphi = \frac{\pi}{2}$, on aura les rayons de courbure F et f des deux sections principales

$$\mathrm{F} = \frac{1}{r}, \quad f = \frac{1}{t},$$

puis on obtient la formule d'Euler

$$\frac{1}{\rho} = \frac{\cos^2\varphi}{\mathrm{F}} + \frac{\sin^2\varphi}{f}.$$

F et f sont les rayons du plus grand et du plus petit cercle de courbure.

» L'angle infiniment petit μ devient aussi

$$\mu = \frac{1}{2}\delta.\left(\frac{1}{f} - \frac{1}{F}\right).\sin 2\varphi.$$

» On peut encore trouver le rayon de courbure ρ de la section normale faite par le plan ZOM et l'angle ν de cette autre manière; ρ est le rayon du cercle osculateur en O, qui a son centre sur la normale OZ, et qui passe par le point $M(\xi, \eta, \zeta)$; ce rayon est donc égal à $\frac{1}{2}OM^2$ divisé par la projection de la droite infiniment petite OM sur OZ, c'est-à-dire égal à $\frac{\delta^2}{2\zeta}$. Or on a

$$\zeta = \frac{1}{2}(r\xi^2 + 2s\xi\eta + t\eta^2) = \frac{1}{2}\delta^2(r\cos^2\varphi + 2s\sin\varphi\cos\varphi + t\sin^2\varphi);$$

donc

$$\rho = \frac{1}{r\cos^2\varphi + 2s\sin\varphi\cos\varphi + t\sin^2\varphi},$$

et quand $s = 0$,

$$\frac{1}{\rho} = \frac{\cos^2\varphi}{F} + \frac{\sin^2\varphi}{f}.$$

D'ailleurs l'angle $\nu = \frac{\delta}{\rho} = \delta\left(\frac{\cos^2\varphi}{F} + \frac{\sin^2\varphi}{f}\right)$.

» En faisant ζ constante, l'équation $\zeta = \frac{1}{2}(r\xi^2 + 2s\xi\eta + t\eta^2)$ représente la section faite dans la surface s par un plan parallèle au plan tangent XOY à la distance infiniment petite ζ. Cette courbe ou sa projection sur le plan tangent est une ellipse ou une hyperbole qu'on appelle l'*indicatrice* de la surface pour le point O. Les rayons de courbure des différentes sections normales sont proportionnels aux carrés des demi-diamètres correspondants de cette conique ou d'une conique semblable de grandeur finie.

» La projection de la normale Mm sur le plan XOY a pour équation

$$\frac{Y - \eta}{X - \xi} = \frac{s\xi + t\eta}{r\xi + s\eta}.$$

ou, quand $s = 0$,

$$\frac{Y - \eta}{X - \xi} = \frac{t\eta}{r\xi} = \frac{F}{f}\tang\varphi;$$

d'où l'on conclut que la normale Mm se trouve dans le plan normal à la conique indicatrice passant par le point M, et qu'ainsi la plus courte distance de Mm à OZ est une droite égale et parallèle à la perpendiculaire abaissée du

centre de l'indicatrice ou du point O sur sa normale au point M. L'intersection du plan tangent à la surface s au point M avec le plan tangent au point O coïncide aussi avec cette même direction, qui est celle du diamètre conjugué de OM, le plan tangent en M ayant pour équation (quand $s = 0$)

$$Z - \zeta = r\xi(X - \xi) + t\eta(Y - \eta).$$

» Il me reste à faire voir comment, en considérant un faisceau de rayons homogènes qui, après avoir subi plusieurs réfractions, se trouvent normaux à une certaine surface, on peut déterminer, sur chaque rayon, les deux points (ou foyers F et f) où il est rencontré par des rayons infiniment voisins, et les deux plans qui contiennent ce rayon et les rayons infiniment voisins susceptibles de le couper. Ces deux points, qui appartiennent à la surface caustique formée par les intersections successives des rayons, sont, pour le rayon considéré, les centres du plus grand et du plus petit cercle de courbure de la surface à laquelle les rayons sont normaux. Les plans passant par les rayons consécutifs qui se coupent sont ceux des sections principales de cette surface; ce sont aussi les plans tangents aux deux séries de surfaces développables se coupant partout à angles droits, dans lesquelles le faisceau se décompose.

» J'ai déjà traité cette question dans un Mémoire inséré au Journal de M. Liouville (numéro de juillet 1838). M. Bertrand est parvenu, dans le numéro d'avril 1844, par une méthode géométrique qui lui est propre, à des formules semblables aux miennes. Voici une nouvelle solution analytique qui me paraît assez simple et qui conduit à des formules un peu plus générales.

» Il faut d'abord remarquer que si des rayons sont normaux à une même surface, ils sont aussi normaux à toutes les surfaces en nombre infini qu'on forme en portant sur ces rayons une longueur constante et arbitraire à partir de la surface normale primitive.

» Concevons un faisceau de rayons homogènes normaux à une surface s et réfractés à la rencontre d'une autre surface quelconque S suivant la loi ordinaire. Les rayons réfractés seront aussi normaux à une nouvelle surface s' ou plutôt à une infinité de surfaces s' qu'on forme en prenant, sur la direction de chaque rayon réfracté à partir de la surface de séparation S, une longueur qui soit à celle du rayon incident comprise entre S et s, augmentée ou diminuée d'une quantité constante, dans le rapport constant du sinus de l'angle de réfraction au sinus de l'angle d'incidence. (*Voir* mon Mémoire cité.)

» Considérons un rayon incident quelconque et le rayon réfracté corres-

pondant. Soient a, b, c les cosinus des angles que la normale à la surface séparatrice S au point d'incidence fait avec trois axes rectangulaires OX, OY, OZ.

» Soient α, β, γ et α', β', γ' les cosinus des angles que le rayon incident et le rayon réfracté font avec les mêmes axes.

» Il faut exprimer d'abord que ces trois droites se trouvent dans un même plan. En appelant θ l'angle d'incidence et θ' l'angle de réfraction, la perpendiculaire au plan qui passe par la normale à la surface S, et par le rayon incident, fait, avec les axes, des angles dont les cosinus sont

$$\frac{b\gamma - c\beta}{\sin\theta}, \quad \frac{c\alpha - a\gamma}{\sin\theta}, \quad \frac{a\beta - b\alpha}{\sin\theta}.$$

De même, la perpendiculaire au plan qui passe par la normale à la surface S et par le rayon réfracté, fait, avec les axes, des angles dont les cosinus sont

$$\frac{b\gamma' - c\beta'}{\sin\theta'}, \quad \frac{c\alpha' - a\gamma'}{\sin\theta'}, \quad \frac{a\beta' - b\alpha'}{\sin\theta'}.$$

On exprime que ces perpendiculaires coïncident et sont dirigées dans le même sens, en posant

$$\frac{b\gamma - c\beta}{\sin\theta} = \frac{b\gamma' - c\beta'}{\sin\theta'}, \quad \frac{c\alpha - a\gamma}{\sin\theta} = \frac{c\alpha' - a\gamma'}{\sin\theta'}, \quad \frac{a\beta - b\alpha}{\sin\theta} = \frac{a\beta' - b\alpha'}{\sin\theta'}.$$

De plus, en représentant par $\frac{\lambda}{\lambda'}$ le rapport constant du sinus de l'angle d'incidence au sinus de l'angle de réfraction, on a

$$\frac{\sin\theta}{\sin\theta'} = \frac{\lambda}{\lambda'}.$$

Ces équations donnent les suivantes

$$\frac{b\gamma - c\beta}{\lambda} = \frac{b\gamma' - c\beta'}{\lambda'}, \quad \frac{c\alpha - a\gamma}{\lambda} = \frac{c\alpha' - a\gamma'}{\lambda'}, \quad \frac{a\beta - b\alpha}{\lambda} = \frac{a\beta' - b\alpha'}{\lambda'},$$

dont deux, en y joignant $\alpha'^2 + \beta'^2 + \gamma'^2 = 1$, suffisent pour déterminer α' β' γ', c'est-à-dire la direction du rayon réfracté, quand on connaît celles du rayon incident et de la normale à S. Les relations qui existent entre ces trois directions sont donc toutes exprimées par les deux équations

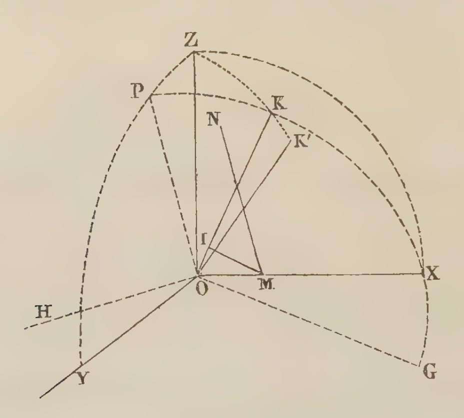
$$\frac{1}{\lambda}(a\gamma - c\alpha) = \frac{1}{\lambda'}(a\gamma' - c\alpha'),$$

$$\frac{1}{\lambda}(b\gamma - c\beta) = \frac{1}{\lambda'}(b\gamma' - c\beta').$$

Si l'on considère sur la surface S un autre point d'incidence infiniment voisin du premier, les cosinus a, b, c, α, etc., prendront, en passant du premier point au second, des accroissements simultanés da, db, etc., et l'on aura, en différentiant les deux équations précédentes,

$$\frac{1}{\lambda}(\gamma da + ad\gamma - cd\alpha - \alpha dc) = \frac{1}{\lambda'}(\gamma' da + ad\gamma' - cd\alpha' - \alpha' dc),$$

$$\frac{1}{\lambda}(\gamma db + bd\gamma - cd\beta - \beta dc) = \frac{1}{\lambda'}(\gamma' db + bd\gamma' - cd\beta' - \beta' dc).$$



» Prenons maintenant pour origine des axes coordonnés le premier point d'incidence O, pour axe des z la normale OZ à la surface séparatrice S, pour plan des xz le plan ZOM qui passe par cette normale OZ et par le second point d'incidence M, qu'on pourra alors regarder comme situé sur l'axe OX. On aura, pour ce système d'axes,

$$a = 0, \quad b = 0, \quad c = 1, \quad \gamma = \cos\theta, \quad \gamma' = \cos\theta',$$

et aussi $dc = 0$, à cause de la relation $a^2 + b^2 + c^2 = 1$, qui donne

$$ada + bdb + cdc = 0.$$

Les quatre équations précédentes deviendront

$$\frac{\alpha}{\lambda} = \frac{\alpha'}{\lambda'}, \quad \frac{\beta}{\lambda} = \frac{\beta'}{\lambda'},$$

$$\left.\begin{aligned} \frac{1}{\lambda}(\gamma da - d\alpha) &= \frac{1}{\lambda'}(\gamma' da - d\alpha'), \\ \frac{1}{\lambda}(\gamma db - d\beta) &= \frac{1}{\lambda'}(\gamma' da - d\beta'). \end{aligned}\right\} \quad \text{(a)}$$

Il faut trouver maintenant les valeurs géométriques de da, db, $d\alpha$, etc.

» Lorsque les axes sont quelconques, le rapport $\frac{a}{c}$, relatif à la normale au point O de la surface S, est égal, comme on sait, à la tangente de l'angle que fait, avec l'axe des z, la projection de cette normale sur le plan des z, x. Pour les axes actuels, la normale étant OZ, ce rapport $\frac{a}{c}$ est égal à zéro, puisque $a = 0$ et $c = 1$; pour la normale infiniment voisine MN, la quantité analogue est $\frac{a+da}{c+dc}$, qui se réduit à da et qui est égale à la tangente de l'angle infiniment petit que fait avec OZ la projection de la normale MN sur le plan ZOX, ou à cet angle même. Or, cet angle est aussi égal à $\frac{\delta}{\rho}$, en désignant par δ la distance infiniment petite OM, et par ρ le rayon de courbure de la section normale faite dans la surface S par le plan ZOX. Car le centre de courbure de cette section est le point de rencontre de la normale OZ avec le plan normal à la courbe OM au point M, et ce plan normal est celui qui projette la normale MN sur le plan ZOM.

» On a donc

$$da = \frac{\delta}{\rho}.$$

D'ailleurs la formule d'Euler donne

$$\frac{1}{\rho} = \frac{\cos^2\omega}{R} + \frac{\sin^2\omega}{r},$$

en appelant R et r les deux rayons de courbure principaux de la surface S pour le point O, et ω l'angle que le plan ZOX fait avec le plan de la section principale de S qui a la moindre courbure $\frac{1}{R}$.

» Ainsi

$$da = \frac{\delta}{\rho} = \delta.\left(\frac{\cos^2\omega}{R} + \frac{\sin^2\omega}{r}\right).$$

La normale MN fait avec l'axe OY un angle dont le cosinus est $b + db$ ou

simplement db, puisque $b=0$. Mais cet angle est le complément de l'angle infiniment petit que cette normale fait avec le plan ZOX, et qui a pour valeur

$$\frac{1}{2}\delta.\left(\frac{1}{r}-\frac{1}{R}\right)\sin 2\omega.$$

On a donc

$$db=\frac{1}{2}\delta.\left(\frac{1}{r}-\frac{1}{R}\right)\sin 2\omega.$$

Pour évaluer $d\alpha$ et $d\beta$, concevons, dans le plan KOX mené par le rayon incident OK et le point M, la droite OG perpendiculaire au rayon incident OK, puis OH perpendiculaire à ce plan KOX. Désignons par g, h, k les angles que fait, avec ces trois droites rectangulaires OG, OH, OK, un rayon incident quelconque; α désignant le cosinus de l'angle que ce rayon quelconque fait avec la ligne OX, on aura, d'après la formule qui donne le cosinus de l'angle de deux droites rapportées à trois axes rectangulaires,

$$\alpha = g\cos \mathrm{GOX} + h\cos \mathrm{HOX} + k\cos \mathrm{KOX},$$

ou

$$\alpha = g\sin \mathrm{KOX} + k\cos \mathrm{KOX},$$

la ligne OX faisant avec les axes rectangulaires OG, OH, OK, des angles dont les cosinus sont respectivement

$$\sin \mathrm{KOX},\quad 0,\quad \cos \mathrm{KOX}.$$

β étant le cosinus de l'angle que le même rayon incident fait avec OY, on aura pareillement

$$\beta = g\cos \mathrm{GOY} + h\cos \mathrm{HOY} + k\cos \mathrm{KOY}.$$

Pour un rayon incident infiniment voisin, on aura (les axes OG, OH, OK restant fixes, ainsi que OX, OY, OZ)

$$d\alpha = dg.\sin \mathrm{KOX} + dk\cos \mathrm{KOX},$$
$$d\beta = dg.\cos \mathrm{GOY} + dh\cos \mathrm{HOY} + dk\cos \mathrm{KOY}.$$

Si ces deux rayons incidents sont ceux qui tombent aux points O et M, on aura

$$g=0,\quad h=0,\quad k=1,$$

puis $dk=0$, à cause de $gdg+hdh+kdk=0$.

» Si l'on considère, parmi toutes les surfaces s normales aux rayons incidents, celle qui passe par le point M et qui coupera OK en un point I, dg est (comme on l'a vu pour da) égal à l'angle que fait avec OK la projection du rayon incident en M sur le plan KOM, ou égal à la ligne infiniment petite OI ou $\delta \sin$ KOX, divisée par le rayon de courbure de la section normale faite dans cette surface-là par le plan KOM. Mais ce rayon diffère infiniment peu du rayon ν de la section faite par le plan KOM dans la surface normale aux rayons incidents qui passe par le point O; la valeur inverse de ce rayon ν est

$$\frac{1}{\nu} = \frac{\cos^2\varphi}{F} + \frac{\sin^2\varphi}{f},$$

en désignant par F et f les deux rayons de courbure principaux de la surface s pour le point O, et par φ l'angle que le plan KOM normal à s fait avec la section principale de s dont la courbure est $\frac{1}{F}$.

» On a donc, en désignant par τ l'angle KOX,

$$dg = \frac{\delta \sin\tau}{\nu} = \delta \sin\tau \left(\frac{\cos^2\varphi}{R} + \frac{\sin^2\varphi}{r}\right):$$

et conséquemment

$$d\alpha = \frac{\delta \sin^2\tau}{\nu} = \delta \sin^2\tau \left(\frac{\cos^2\varphi}{F} + \frac{\sin^2\varphi}{f}\right),$$

dk étant nulle.

» La quantité $h + dh$, ou simplement dh, puisque h est nul, est le cosinus de l'angle que le rayon incident en M fait avec OH, ou le sinus de l'angle infiniment petit que ce rayon fait avec sa projection sur le plan KOM. Donc dh est égal à cet angle, qui a pour valeur

$$\tfrac{1}{2}\,\text{MI}\left(\frac{1}{f - \text{OI}} - \frac{1}{F - \text{OI}}\right)\sin 2\varphi,$$

car $F - \text{OI}$ et $f - \text{OI}$ sont les rayons de courbure principaux de la surface s, normale aux rayons incidents, qui passe par le point M et qui a les mêmes plans principaux que celle qui passe par le point O. Comme on doit négliger les infiniment petits du second ordre, et que $\text{MI} = \delta \sin \text{KOX} = \delta \sin\tau$, la valeur de dh sera

$$dh = \tfrac{1}{2}\delta \sin\tau \left(\frac{1}{f} - \frac{1}{F}\right)\sin 2\varphi.$$

» Si le plan KOX coupe le plan ZOY suivant OP, on aura dans l'angle

trièdre rectangle formé par les trois droites OG, OY, OP,

$$\cos GOY = \cos GOP \cos YOP = -\cos KOX \sin ZOP.$$

» L'angle ZOP n'est autre chose que l'angle dièdre ZXK des plans ZOX, KOX. Or, on a, dans l'angle trièdre formé par les trois droites OZ, OX, OK,

$$\cos KOX = \cos ZOX \cos ZOK + \sin ZOX \sin ZOK \cos KZX,$$

ou

$$\cos KOX = \sin\theta \cos\varepsilon,$$

en appelant ε l'angle dièdre KZX, que le plan ZOM fait avec le plan OZKK′ qui contient le rayon incident OK et le rayon réfracté correspondant OK′. On a encore

$$\sin ZXK \text{ ou } \sin ZOP : \sin KZX :: \sin ZOK : \sin KOX,$$

ou

$$\sin ZOP = \frac{\sin\theta \sin\varepsilon}{\sin\tau}.$$

De là résulte

$$\cos GOY = -\cos KOX \sin ZOP = -\frac{\sin^2\theta \sin\varepsilon \cos\varepsilon}{\sin\tau},$$

et le terme $dg \cos GOY$, dans la valeur de $d\beta$, devient

$$-\tfrac{1}{2}\delta.\left(\frac{\cos^2\varphi}{R} + \frac{\sin^2\varphi}{r}\right)\sin^2\theta \sin 2\varepsilon.$$

» L'angle HOY est aussi égal à l'angle dièdre des plans ZOX, KOX, ou à ZOP, et le même trièdre OZXK, ou bien le trièdre OZKP, donne

$$\cos ZOK = \sin KOX \cos ZOP \text{ ou } \cos\theta = \sin\tau \cos HOY.$$

Le terme $dh \cos HOY$, dans la valeur de $d\beta$, devient ainsi

$$\tfrac{1}{2}\delta\left(\frac{1}{f} - \frac{1}{F}\right)\sin 2\varphi \cos\theta,$$

de sorte qu'on a

$$d\beta = -\tfrac{1}{2}\delta\left(\frac{\cos^2\varphi}{R} + \frac{\sin^2\varphi}{r}\right)\sin^2\theta \sin 2\varepsilon + \tfrac{1}{2}\delta\left(\frac{1}{f} - \frac{1}{F}\right)\sin 2\varphi \cos\theta.$$

On aura de même les valeurs de $d\alpha'$ et $d\beta'$ qui se rapportent au rayon réfracté OK′, en désignant par F′, f', φ' et τ', pour ce rayon, les quantités ana-

logues à celles que nous avons appelées F, f, φ et τ pour le rayon incident OK ; les angles dièdres ε et ω sont les mêmes pour les deux rayons, et l'on a les relations

$$\cos\tau = \sin\theta\cos\varepsilon, \quad \cos\tau' = \sin\theta'\cos\varepsilon.$$

» En mettant toutes ces valeurs dans les deux équations ci-dessus (a), on obtient d'abord la formule

$$\frac{1}{\lambda}\left(\frac{\cos\theta}{\rho} - \frac{\sin^2\tau}{\nu}\right) = \frac{1}{\lambda'}\left(\frac{\cos\theta'}{\rho} - \frac{\sin^2\tau'}{\nu'}\right),$$

ou bien

$$\left.\begin{aligned} &\frac{1}{\lambda}\left[\left(\frac{\cos^2\omega}{R} + \frac{\sin^2\omega}{r}\right)\cos\theta - \left(\frac{\cos^2\varphi}{F} + \frac{\sin^2\varphi}{f}\right)\sin^2\tau\right] \\ = &\frac{1}{\lambda'}\left[\left(\frac{\cos^2\omega}{R} + \frac{\sin^2\omega}{r}\right)\cos\theta' - \left(\frac{\cos^2\varphi'}{F'} + \frac{\sin^2\varphi'}{f'}\right)\sin^2\tau'\right]. \end{aligned}\right\} \quad (b)$$

C'est la formule (32) de mon premier Mémoire; elle établit une relation entre les rayons de courbure des sections normales faites dans les trois surfaces S, s, s', par trois plans dont la ligne d'intersection commune OM est prise à volonté sur le plan tangent à S.

» On trouve ensuite

$$\left.\begin{aligned} &\frac{1}{\lambda}\left[\left(\frac{1}{r} - \frac{1}{R}\right)\sin 2\omega\cos\theta - \left(\frac{1}{f} - \frac{1}{F}\right)\sin 2\varphi\cos\theta + \left(\frac{\cos^2\varphi}{F} + \frac{\sin^2\varphi}{f}\right)\sin 2\varepsilon\sin^2\theta\right] \\ = &\frac{1}{\lambda'}\left[\left(\frac{1}{r} - \frac{1}{R}\right)\sin 2\omega\cos\theta' - \left(\frac{1}{f'} - \frac{1}{F'}\right)\sin 2\varphi'\cos\theta' + \left(\frac{\cos^2\varphi'}{F'} + \frac{\sin^2\varphi'}{f'}\right)\sin 2\varepsilon\sin^2\theta'\right]. \end{aligned}\right\} (c)$$

Pour chaque direction arbitraire de OM, on aura deux équations semblables.

» Si l'on prend la ligne OMX suivant l'intersection du plan tangent à la surface S avec le plan OZKK' qui contient la normale OZ et les rayons incident et réfracté OK, OK', les angles τ et τ' deviendront les compléments de θ et θ', et la formule (b) donnera

$$\frac{1}{\lambda}\left(\frac{\cos\theta}{\rho} - \frac{\cos^2\theta}{\nu}\right) = \frac{1}{\lambda'}\left(\frac{\cos\theta'}{\rho} - \frac{\cos^2\theta'}{\nu'}\right),$$

ou

$$\left.\begin{aligned} &\frac{1}{\lambda}\left[\left(\frac{\cos^2\omega}{R} + \frac{\sin^2\omega}{r}\right)\cos\theta - \left(\frac{\cos^2\varphi}{F} + \frac{\sin^2\varphi}{f}\right)\cos^2\theta\right] \\ = &\frac{1}{\lambda'}\left[\left(\frac{\cos^2\omega}{R} + \frac{\sin^2\omega}{r}\right)\cos\theta' - \left(\frac{\cos^2\varphi'}{F'} + \frac{\sin^2\varphi'}{f'}\right)\cos^2\theta'\right]. \end{aligned}\right\} \quad (d)$$

ρ, ν et ν' sont maintenant les rayons de courbure des sections faites dans les

trois surfaces S, s, s', par le plan ZOK qui leur est normal, et ω, φ, φ' sont les angles que ce plan fait avec les plans des sections principales ou des plus grands cercles de courbure de ces mêmes surfaces.

» Si l'on suppose, en second lieu, OM perpendiculaire au plan ZOK, les angles τ, τ' seront droits, et il faudra augmenter de $\frac{\pi}{2}$ les angles ω, φ et φ' qui viennent d'être définis. Alors la formule (b) donnera

$$\frac{1}{\lambda}\left(\frac{\cos\theta}{\rho_1}-\frac{1}{u}\right)=\frac{1}{\lambda'}\left(\frac{\cos\theta'}{\rho_1}-\frac{1}{u'}\right),$$

ou

$$\left.\begin{aligned}&\frac{1}{\lambda}\left[\left(\frac{\sin^2\omega}{R}+\frac{\cos^2\omega}{r}\right)\cos\theta-\left(\frac{\sin^2\varphi}{F}+\frac{\cos^2\varphi}{f}\right)\right]\\ =&\frac{1}{\lambda'}\left[\left(\frac{\sin^2\omega}{R}+\frac{\cos^2\omega}{r}\right)\cos\theta'-\left(\frac{\sin^2\varphi'}{F'}+\frac{\cos^2\varphi'}{f'}\right)\right].\end{aligned}\right\}\quad (e)$$

ρ_1, u et u' sont ici les rayons de courbure des sections normales faites dans les surfaces S, s, s' par les plans qui passent par leur tangente commune perpendiculaire au plan ZOK. On sait d'ailleurs que

$$\frac{1}{\rho}+\frac{1}{\rho_1}=\frac{1}{R}+\frac{1}{r},\qquad \frac{1}{v}+\frac{1}{u}=\frac{1}{F}+\frac{1}{f},\qquad \frac{1}{v'}+\frac{1}{u'}=\frac{1}{F'}+\frac{1}{f'}.$$

Ces équations (d) et (e) sont les formules (33) et (34) de mon premier Mémoire, et (c), (e) de M. Bertrand.

» En supposant que le plan ZOM coïncide avec le plan ZOK, ou lui soit perpendiculaire, on a

$$\varepsilon=0\quad\text{ou}\quad\varepsilon=\frac{\pi}{2},$$

et, dans les deux cas, la formule (c) se réduit à celle-ci :

$$\left.\begin{aligned}&\frac{\cos\theta}{\lambda}\left[\left(\frac{1}{r}-\frac{1}{R}\right)\sin 2\omega-\left(\frac{1}{f}-\frac{1}{F}\right)\sin 2\varphi\right]\\ =&\frac{\cos\theta'}{\lambda'}\left[\left(\frac{1}{r}-\frac{1}{R}\right)\sin 2\omega-\left(\frac{1}{f}-\frac{1}{F'}\right)\sin 2\varphi'\right].\end{aligned}\right\}\quad (f)$$

» Ces trois formules (d), (e), (f) permettront de calculer les quantités F', f', φ' quand on connaîtra R, r, ω, F, f et φ; c'est-à-dire qu'on pourra déterminer les rayons de courbure et les sections principales de la surface

normale aux rayons réfractés, si l'on connaît les éléments correspondants de la surface normale aux rayons incidents et de la surface séparatrice.

» On peut d'ailleurs déterminer ces éléments par un autre calcul, et aussi par une construction géométrique indiquée dans mon premier Mémoire.

» Donc, si des rayons lumineux, émanés d'un point, éprouvent une suite de réfractions, on pourra, après chaque réfraction, déterminer, pour un rayon quelconque, les deux plans où se trouvent les rayons infiniment voisins qui le coupent, et les deux points de rencontre F et f, qui appartiennent aux deux nappes de la surface caustique formée par les intersections successives des rayons. Ces éléments déterminent la forme de tout faisceau mince passant par une petite ouverture. Les calculs ne seraient guère plus simples dans le cas d'un rayon central non dévié qui serait normal à toutes les surfaces réfringentes; mais si les plans des sections principales, suivant ce rayon, étaient les mêmes pour toutes ces surfaces, on n'aurait plus besoin que des formules ordinaires qui donnent les foyers des lentilles sphériques. La marche des rayons à travers les milieux de l'œil ne saurait comporter une telle simplification, et ne peut être calculée rigoureusement qu'à l'aide des formules plus générales et plus compliquées qui précèdent; il faudrait, pour cela, connaître les indices de réfraction des divers milieux, les rayons de courbure et les plans des sections principales de leurs surfaces, à chaque point d'incidence du rayon central du faisceau. »

RAPPORTS.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Rapport sur deux Mémoires intitulés, le premier:* Mémoire sur la tendance des racines à s'enfoncer dans la terre, et sur leur force de pénétration; *par* M. **Payer**; *le second:* Mémoire sur un fait singulier de la physiologie des racines; *par* M. **Durand**, pharmacien à Caen.

(Commissaires, MM. de Mirbel, Becquerel, Pouillet, Ad. Brongniart, Dutrochet rapporteur.)

« Les titres de ces deux Mémoires n'indiquent point, à proprement parler, leur objet; dans le premier, en effet, l'auteur n'étudie point directement la tendance des racines à s'enfoncer *dans la terre;* le titre vague du second n'indique point ce qu'il contient. Nous devons donc annoncer que ces deux Mémoires ont également pour objet l'étude du phénomène de la pénétration des radicules des graines en germination *dans le mercure.* C'est cette simili-

tude d'objet qui fait qu'ils ont été renvoyés à une même Commission, et que leur examen se trouve contenu dans un seul et même Rapport.

» Dans sa séance du 23 février 1829 (1), l'Académie des Sciences reçut de M. Jules Pinot une communication par laquelle il lui annonçait que des graines de *Lathyrus odoratus* étant mises germer flottantes sur la surface du mercure couvert d'un peu d'eau, et non fixées mécaniquement au-dessus de ce métal, au moyen d'un appareil approprié, comme le dit, par erreur, M. de Candolle (2), leur radicule s'enfonçait dans le mercure, fait qui semblait en opposition avec les lois de l'hydrostatique qui veulent que tout corps spécifiquement plus léger que le fluide dans lequel il est plongé vienne flotter à sa surface. Votre Rapporteur, qui n'appartenait encore à l'Académie qu'en qualité de correspondant, répéta l'expérience de M. Pinot; il plaça des graines sur la surface du mercure avec un peu d'eau; elles y germèrent. N'ayant point vu la pénétration de la radicule dans le mercure au delà de ce que pouvait opérer la pression opérée par le poids de la graine, il fit part de ce résultat négatif à l'Académie. A cette occasion, M. de Mirbel, l'un des membres de la Commission qui avait été nommée pour examiner le Mémoire de M. Pinot, déclara que les Commissaires avaient répété les expériences de ce dernier et qu'ils étaient arrivés au même résultat négatif (3); il n'y eut point de Rapport écrit. Depuis ce temps M. Mulder (4) a publié, dans un Recueil allemand, des expériences sur le même sujet. Il a mis des graines de *Vicia faba minima* et de *Polygonum fagopyrum* commençant à germer, flotter sur la surface du mercure recouvert d'une couche d'eau. Les graines du *Vicia* pénétrèrent dans le mercure à une profondeur qui n'est pas indiquée dans l'extrait de son Mémoire, qui est inséré aux *Annales des Sciences naturelles*. Les graines du *Polygonum* n'enfoncèrent point leurs radicules dans le mercure, elles rampèrent à sa surface. L'auteur en conclut que les graines du *Polygonum fagopyrum* n'ont pas une *force germinative* assez grande pour vaincre la résistance du mercure. Les tiges des fèves ayant acquis environ 2 centimètres de longueur, cinq d'entre elles, sur douze qui avaient été semées sur le mercure, avaient leurs radicules *plus ou moins* enfoncées dans le mercure; les autres les avaient à la surface du métal. M. Mulder fit la même expérience, en mettant sur le mercure, couvert d'une couche d'eau, une

(1) *Annales des Sciences naturelles;* 1829, tome XVII, page 94.
(2) *Physiologie végétale;* tome II, page 827.
(3) *Annales des Sciences naturelles;* tome XVIII, page 146.
(4) *Annales des Sciences naturelles;* tome XXI, page 129.

lamelle de liége percée de petits trous dans lesquels il engagea les radicules de graines de *Vicia faba* germées à l'avance. D'après l'extrait que nous avons sous les yeux, les racines, en se développant, gagnèrent les bords du vase et s'enfoncèrent entre ses parois et le mercure à une profondeur de 2 à 3 lignes. D'autres fèves, placées flottantes sur la surface du mercure, sans être soutenues par du liége, étendirent, en les repliant sur elles-mêmes, leurs radicules dans l'eau qui couvrait le mercure, et l'une d'elles, après avoir pénétré dans une longueur de plus de 2 pouces entre les parois du vase et le mercure, enfonça, en se repliant, son extrémité d'environ un demi-pouce dans le mercure lui-même.

» L'étude du phénomène en question semblait abandonnée, lorsque M. Payer la reprit et en fit le sujet d'un des Mémoires que nous avons à examiner ici; il fut présenté à l'Académie dans la séance du 27 mai 1844.

» M. Payer a imaginé un appareil propre à suspendre une couche de mercure au-dessus de l'eau. Pour cela il sépare ces deux liquides par une grille de platine qu'il recouvre avec un morceau de tulle ou avec du coton; le mercure versé sur ce diaphragme ne le traverse point et reste ainsi suspendu au-dessus de l'eau; les radicules des graines traversent le mercure, superposé ainsi à l'eau, et arrivent à ce dernier liquide. M. Payer a placé par étages des couches alternatives de mercure et d'eau; il a vu des radicules traverser successivement toutes ces couches. En employant cet appareil, qui lui permettait de varier l'épaisseur de la couche du mercure qui était superposé à l'eau, M. Payer a pu voir à quelle profondeur les radicules pouvaient s'enfoncer dans ce métal. Il annonça avoir toujours vu la radicule du *Lathyrus odoratus* s'y enfoncer à une profondeur qui est allée jusqu'à 2 centimètres; il a vu la radicule d'autres graines s'y enfoncer seulement jusqu'à la profondeur de quelques millimètres. Enfin, il a vu, comme M. Mulder, la radicule du *Polygonum fagopyrum*, ou sarrazin, refuser constamment de s'y enfoncer et ramper à la surface du métal. Ainsi, selon les expressions de M. Payer, « toutes les racines ne présentent point cette » force de pénétration au même degré....; cette différence ne tient ni à » une différence de poids, ni à une différence de rigidité, ni à une diffé- » rence de grosseur. Les racines du sarrazin ont une grosseur et une rigidité » bien plus considérables que celles du cresson alénois; elles pèsent bien » davantage, et cependant les premières, nous venons de le dire, rampent » toujours à la surface du mercure, tandis que les secondes s'y enfoncent » assez profondément. »

» Nous faisons remarquer que M. Payer tire ici ses arguments de l'absence

apparente de l'action que ses graines auraient pu exercer, en vertu de leur pesanteur, sur les radicules pour les faire pénétrer dans le mercure. Donc il reconnaît que le poids des graines était supporté par le mercure dans ses expériences.

» M. Payer a vu que les radicules de toutes les plantes ne mettent point le même temps à traverser une même épaisseur de mercure; que la chaleur et la lumière influent sur la rapidité et sur la profondeur de cette pénétration, ce qui est dans l'ordre, puisque, d'une part, la chaleur influe sur l'énergie de la végétation, et que, d'une autre part, la lumière, en activant la force végétative de la plumule, augmente, par cela même, celle de la radicule; car il y a une relation intime entre ces deux parties, sous le point de vue de leur vitalité.

» Selon le même auteur, les racines secondaires jouissent de la même force de pénétration à un degré un peu moindre que la racine principale.

» Lorsqu'une racine glisse entre le mercure et les parois du vase qui le contient, elle atteint une profondeur beaucoup plus grande que si elle s'était enfoncée directement dans le mercure.

» Quoique M. Payer ne dise point s'il y avait de l'eau à la surface du mercure où se trouvaient ses graines en germination, on doit nécessairement l'admettre; mais il ne dit point en quelle quantité elle y était, si elle couvrait entièrement ces graines, ou si celles-ci n'y étaient plongées qu'en partie. Cependant on doit conclure de ses expressions qu'il y avait, dans ses expériences, une mince couche d'eau à la surface du mercure; car, après avoir décrit l'appareil ci-dessus, appareil dont il allait se servir pour mettre ses graines en expérience, il dit : *Répétant alors l'expérience du docteur Pinot, je trouvai que la graine, en germant, enfonçait sa radicule dans la couche de mercure, etc.* M. Payer connaissait parfaitement la manière dont était établie l'expérience de M. Pinot; car, dès les premières lignes de son présent Mémoire, il dit textuellement : *Le* 13 *février* 1829, *le docteur Pinot annonça à l'Académie que des graines de* Lathyrus odoratus, *qu'il faisait germer sur du mercure, avaient enfoncé leurs radicules dans ce métal d'une quantité telle, que l'action de la pesanteur ne suffisait plus pour expliquer ce phénomène.* M. Payer, en reconnaissant expressément que son expérience est la répétition de celle de M. Pinot, reconnaît donc que son mercure était de même recouvert d'une très-mince couche d'eau, et, de plus, que ses graines étaient de même déposées sur ce métal. Or, telle ne serait point la disposition de l'expérience de M. Payer, d'après ce qu'il vient de dire à la Commission (14 avril 1845); il plaçait, nous a-t-il dit, sur le mercure une couche

d'eau profonde de 2 centimètres; sur cette eau flottait une lame de liége percée d'un petit trou qui recevait la radicule de la graine germée; il remplaçait quelquefois cette lame de liége par une couche de coton sur laquelle il plaçait la graine en germination. Dans l'un et l'autre cas, la radicule, en s'accroissant, descendait dans l'eau qu'elle traversait, puis, arrivant au contact du mercure, elle s'y enfonçait profondément et de manière à traverser toute son épaisseur qui était de 2 centimètres, et gagnait ainsi l'eau sous-jacente. Dans cette disposition de l'expérience, la graine était *fixée* au-dessus du mercure; elle ne pesait point sur lui par la pointe de sa radicule pour y faire pénétrer cette dernière qui, après avoir traversé l'épaisse couche d'eau, venant à rencontrer le mercure, pouvait, en s'accroissant, s'y enfoncer en vertu de sa rigidité; mais cette rigidité étant très-diminuée par la longueur qu'avait acquise la radicule en traversant la couche d'eau, M. Payer pense qu'elle ne doit plus être prise en considération, comme cause de pénétration de la radicule dans le mercure, surtout lorsque cette radicule est très-grêle, comme l'est celle du cresson alénois (*Lepidium sativum*). Ainsi la cause de la pénétration des racines dans le mercure resterait indéterminée pour M. Payer, qui nous a déclaré qu'il n'avait voulu donner aucune théorie touchant cette cause, et que, s'il a employé ces expressions : *tendance à s'enfoncer vers le centre de la terre, force de pénétration,* c'est parce qu'elles sont reçues depuis longtemps dans la science; il est très-éloigné, nous a-t-il dit, d'admettre là une force vitale particulière, comme quelques personnes ont cru le voir.

» C'est avec regret que nous nous trouvons forcés de n'admettre ici que ce qui se trouve exposé dans le Mémoire de M. Payer, Mémoire qui, non-seulement ne fait aucune mention de la disposition expérimentale qu'il vient de nous décrire, relativement à la position de la graine, mais qui en offre une tout à fait différente. Nous avons fait voir plus haut, en effet, que d'après les expressions du Mémoire de M. Payer, les graines devaient avoir été déposées sur la surface du mercure avec une mince couche d'eau à la manière de M. Pinot; et ce qui vient à l'appui de cette induction, M. Payer reconnaît implicitement que le poids de ses graines était supporté par le mercure, ce qui contrarie son assertion actuelle, d'après laquelle ses graines, suspendues au-dessus de la surface du mercure, n'auraient aucunement pesé sur ce métal.

» Passons actuellement au Mémoire de M. Durand; ce Mémoire a été présenté à l'Académie dans la séance du 24 mars 1845.

» M. Durand commence par supposer une graine fixée au-dessus de la surface du mercure, et sa radicule descendant verticalement vers ce métal

jusqu'à ce qu'elle le touche. Alors la pointe de la radicule trouve une résistance qui résulte, 1° de la cohésion des molécules du mercure; 2° de la poussée de bas en haut de ce métal. Il donne la formule mathématique de cette résistance, qui est d'autant plus grande que la racine a un plus grand diamètre. Il calcule ainsi que la radicule du *Lathyrus odoratus* ayant $\frac{3}{4}$ de millimètre de diamètre, la résistance à sa pénétration dans le mercure sera d'environ 6 milligrammes par chaque millimètre d'enfoncement, en sorte que, pour s'enfoncer dans le mercure de 2 centimètres, la résistance qu'elle aura à vaincre sera de 120 milligrammes. L'auteur prouve ensuite, par l'expérience, que la radicule du *Lathyrus odoratus* a une rigidité plus que suffisante pour qu'elle puisse supporter, sans fléchir, un poids de 120 milligrammes, en sorte qu'elle peut facilement supporter une poussée verticale, de bas en haut, d'une couche de mercure de plus de 2 centimètres d'épaisseur ou de profondeur.

» La possibilité physique de la pénétration sans flexion de la radicule du *Lathyrus odoratus* dans le mercure, à une profondeur de plus de 2 centimètres, étant prouvée mathématiquement, M. Durand passe à l'expérience directe.

» Une lame de liége, percée de petits trous, a été fixée solidement à 5 millimètres au-dessus de la surface du mercure, couvert d'eau jusqu'au-dessus de cette lame de liége. Des graines de *Lathyrus odoratus* germées ont été placées sur cette lame de liége, ayant leurs radicules engagées dans les trous qui les pressaient de manière à les fixer. Ces radicules, en descendant verticalement, ont atteint la surface du mercure et ont pénétré dans sa masse. Ce métal avait 3 centimètres et demi de profondeur; une des radicules l'a traversé en entier, et s'est réfléchie ensuite entre le mercure et les parois du vase. Il a obtenu le même résultat en employant une gaze tendue fixement au-dessus de la surface du mercure, et qui recouvrait les graines en germination, graines qui se trouvaient ainsi maintenues dans une position fixe. Les graines de *Polygonum fagopyrum* qui, d'après les expériences de Mulder et de M. Payer, n'enfoncent point leurs radicules dans le mercure lorsqu'elles sont simplement flottantes à la surface de ce métal, ayant été fixées, par M. Durand, au moyen des procédés qui viennent d'être indiqués, leurs radicules s'enfoncèrent dans le mercure, qui, dans ces expériences, était couvert d'eau.

» M. Durand passe ensuite à l'étude du phénomène de l'introduction des radicules entre le mercure couvert d'eau et les parois du vase qui le contient. Il fait voir qu'elles sont maintenues dans cette position par la pression latérale que le mercure exerce sur elles; en sorte qu'on peut, après les avoir arrachées, les replanter dans la même position sans qu'elles tendent à être

repoussées par la poussée de bas en haut du mercure, et cela parce que leur frottement sur les parois du vase oppose à leur expulsion une résistance plus grande que n'est la force de la poussée de bas en haut du mercure. C'est ce qui n'a point lieu pour les racines qui ont pénétré dans la masse même du mercure et que l'on arrache; si l'on essaye de les y replanter, elles en sont immédiatement expulsées et viennent flotter à la surface.

» M. Durand étudie ensuite la manière dont se comportent les radicules des graines placées sur la surface du mercure lorsqu'elles sont mobiles dans la couche d'eau qui recouvre ce métal. Si cette couche d'eau recouvre entièrement les graines, celles-ci perdent de leurs poids en quantité égale à celle de l'eau qu'elles déplacent, et alors leurs radicules pressant moins la surface du mercure par leur accroissement de haut en bas, elles ne pénètrent point dans le métal. Lorsque la couche d'eau est mince et ne recouvre point les graines, celles-ci conservent une plus grande partie de leurs poids, et alors les pointes des radicules pénètrent un peu dans le mercure, en le déplaçant d'une quantité égale à la partie du poids de la graine qui pèse sur la radicule. Cependant, lorsque la couche d'eau est très-mince et que l'évaporation tend à la faire disparaître, il peut s'établir une adhérence capillaire entre la graine et la surface du mercure, et alors la radicule peut s'introduire dans ce métal, ainsi que cela a lieu lorsque la graine est fixée artificiellement. On remarque une semblable adhérence capillaire entre le mercure et d'autres substances végétales telles que des fragments de racines de carottes ou de betteraves, des morceaux de liége, etc., lorsqu'on les laisse séjourner à la surface de ce métal.

» M. Durand rapporte ensuite un fait très-remarquable de pénétration des racines dans le mercure, fait dû au hasard et qui l'a mis sur la voie de découvrir la cause de la pénétration profonde des radicules dans le mercure. Il avait négligé d'entretenir continuellement d'eau des graines qu'il avait mises germer sur la surface du mercure. Il vit cependant que ces graines en germination avaient enfoncé leurs radicules dans le mercure, où l'une d'elles pénétra ensuite jusqu'à une profondeur de plus de 4 centimètres. La plante se tenait debout et pouvait être transportée; elle oscillait seulement à la manière d'un corps flottant, et, mise en repos, elle se redressait spontanément. Recherchant avec attention la cause à laquelle pouvait être due cette pénétration si profonde et si stable de la radicule dans le mercure, M. Durand découvrit que la graine se trouvait avoir été fixée à la surface du mercure par une couche mince, demi-solide et flexible, qui enveloppait en même temps la surface du métal, la graine et la partie non plongée de la

radicule. Cette couche avait été formée par la demi-dessiccation des substances végétales que l'eau évaporée avait tenues en dissolution et qu'elle avait reçues de la graine. Celle-ci se trouvant ainsi agglutinée à la surface du mercure, la radicule avait pu pénétrer dans le métal liquide en surmontant la poussée de bas en haut qu'exerçait ce métal sur elle. La couche dont il est ici question est une mixtion avec le mercure des substances organiques qui ont été dissoutes dans l'eau. Lorsque cette couche est desséchée, elle adhère aux parois du vase et peut demeurer suspendue, comme une sorte de voûte, au-dessus du mercure, si en y pratiquant un trou on évacue par là ce métal.

» Telle est, selon M. Durand, la cause de la pénétration de la radicule dans le mercure lorsque la graine est déposée sur la surface de ce métal couvert d'un peu d'eau; il faut que la graine soit agglutinée à la surface de ce métal par le moyen d'un enduit qui s'y forme pour que cette pénétration ait lieu. Lorsque le mercure conserve son poli, les radicules ne s'y enfoncent jamais au delà de ce qui est déterminé par la pesanteur des graines.

» Toutes les graines ne cèdent pas à l'eau une égale quantité de principes solubles. Les graines de *Lathyrus odoratus* cèdent à l'eau, entre autres matières, de l'albumine, de la gomme, du tanin, etc. On conçoit sans peine que ces substances organiques, déposées sur la surface du mercure par le fait de l'évaporation de l'eau, y occasionnent la formation d'une couche ou d'un enduit suffisamment solide pour y fixer la graine et la radicule à l'endroit de son immersion. Or, selon M. Durand, les graines de *Polygonum fagopyrum* ne cèdent point à l'eau les principes nécessaires pour la formation de cette couche ou de ce sol d'une nouvelle espèce; ce serait la raison pour laquelle les radicules des embryons de ces graines ne pénètrent point dans le mercure; mais on devra les y faire pénétrer, en mettant sur le mercure, avec ces graines, une substance végétale propre à former à sa surface un enduit agglutinant. C'est, en effet, ce que M. Durand est parvenu à obtenir, et cela en mettant sur la surface de mercure, avec des graines de *Polygonum fagopyrum,* quelques gouttes de certains extraits végétaux, de l'extrait de laitue par exemple. M. Durand a été plus loin; il est parvenu à fixer une petite plante dans le mercure, où elle demeura implantée par ses racines. Cette plante fut d'abord maintenue mécaniquement plongée dans le mercure par ses racines; un peu d'eau se trouvait à la surface du mercure et était remplacée à mesure qu'elle s'évaporait. Ayant cessé, au bout de quatre jours, de remplacer l'eau évaporée, la plante finit par se tenir toute seule sur le mercure par ses racines qui y demeurent implantées, étant fixées

au moyen d'un enduit végéto-mercuriel; en lui fournissant de nouvelle eau, la plante continua de s'accroître.

» Ces expériences ne laissent pas de doute sur la cause de la pénétration un peu profonde des radicules dans le mercure; il faut, pour que cette pénétration un peu profonde ait lieu, que la graine et la radicule, à l'endroit où, par l'effet de la pesanteur de la graine, cette radicule a déjà pénétré un peu au-dessous de la surface du mercure, soient agglutinées à ce métal par l'enduit qui se forme à sa surface : cela produit alors le même effet que si la graine en germination était mécaniquement fixée, au moyen d'un appareil convenable, au-dessus de la surface du mercure, ainsi que l'a fait M. Durand, comme nous l'avons dit plus haut. La radicule alors, par l'effet de son accroissement descendant, s'enfoncera dans le mercure, qu'elle déplacera en prenant son point d'appui sur la graine fixée.

» Après des expériences aussi concluantes, M. Durand s'est donné la peine, bien superflue, de démontrer l'inexactitude de l'expérience suivante de M. Pinot. Une graine de *Lathyrus odoratus* est fixée à la pointe d'une aiguille d'argent suspendue sur un pivot, à la manière des aiguilles de boussole; une petite boule de cire est fixée à l'autre extrémité de l'aiguille pour faire contre-poids. L'équilibre étant établi, cet appareil, placé à peu de distance de la surface du mercure, est recouvert avec une cloche qui plonge dans un vase plein d'eau, en sorte que l'air intérieur de cette cloche est bientôt saturé d'eau. La graine absorbant l'eau dissoute dans l'air qui l'environne, germe; sa radicule descend vers le mercure, et, en continuant de s'allonger, elle y pénètre, sans que la résistance de ce métal fasse basculer l'aiguille. M. Durand, après avoir fait voir l'inexactitude de cette expérience, en fait une qui lui est analogue, mais à la précision rigoureuse de laquelle il ne manque rien. Le résultat de cette expérience est que la résistance du mercure à se laisser pénétrer par la radicule dont l'allongement est progressif, fait que l'appareil très-mobile qui supporte la graine éprouve un mouvement de bascule à mesure que s'allonge la radicule, laquelle ne pénètre point dans le mercure.

» Depuis près d'une année que le Mémoire de M. Payer a été présenté à l'Académie, nous avons fait beaucoup d'expériences pour vérifier le fait de la pénétration dans le mercure des radicules des graines déposées avec de l'eau sur la surface de ce métal; car c'était ainsi que votre Rapporteur avait compris la manière dont étaient disposées les expériences de M. Payer. Nos graines baignaient dans la couche d'eau peu épaisse qui couvrait le mercure. Nous avons employé plusieurs espèces de graines à ces expériences, et spécialement celles du *Lathyrus odoratus*; or, jamais nous n'avons vu les radi-

cules de ces graines s'enfoncer dans le mercure au delà de ce qui était déterminé par la pression que la pesanteur de ces graines exerçait sur les radicules, c'est-à-dire au delà de 3 millimètres environ; très-souvent elles ne s'y enfonçaient point du tout, et elles rampaient à la surface du mercure. Nous avons placé, sur du mercure sec, des graines de *Lathyrus odoratus* qui commençaient à germer; le vase qui contenait le mercure fut placé dans le milieu d'un plat rempli d'eau, et une cloche plongeant dans cette eau recouvrait le vase qui contenait le mercure et les graines. La germination de celles-ci continua dans l'air saturé d'eau qui les entourait; leurs radicules pénétrèrent dans le mercure, où elles tardèrent peu à mourir. Leur partie immergée et devenue noire avait environ 3 millimètres de longueur; elle continua à demeurer plongée dans le mercure, bien qu'elle fût frappée de mort : elle y était maintenue par le poids de la graine et de la partie de la radicule qui, demeurée dans l'air, avait conservé son état de vie.

» Frappés de ces résultats constamment négatifs, nous nous sommes demandé comment il se faisait que M. Payer eût vu dans ses expériences *que les racines du* Lathyrus odoratus *ont toujours traversé les couches les plus épaisses qu'il ait pu leur opposer, c'est-à-dire jusqu'à 2 centimètres*. Les expériences de M. Durand nous ont paru avoir donné la solution de cette question. Nous avons pensé que, dans les expériences de M. Payer, les graines avaient, à son insu, contracté adhérence avec la surface du mercure, ce qui avait favorisé la pénétration des radicules dans ce métal; mais M. Payer niant aujourd'hui que ses graines fussent déposées sur le mercure, et affirmant qu'elles étaient *fixées au-dessus de sa surface* dont elles étaient séparées par une couche d'eau de 2 centimètres d'épaisseur, il en résulterait que, dans ce cas, la pénétration des radicules dans le mercure aurait sa cause dans cette fixation des graines, ou de la partie supérieure de leurs radicules, ainsi que cela résulte des expériences de M. Durand. Quelle que soit donc celle des deux manières controversées que l'on admette relativement à la position des graines dans les expériences de M. Payer, la théorie de la pénétration de leurs radicules dans le mercure se trouve également établie par les expériences de M. Durand.

» M. Payer dit, dans son Mémoire, avoir fait traverser par une radicule de *Lathyrus odoratus* plusieurs couches de mercure séparées les unes des autres par des couches d'eau; cela s'explique facilement. La pénétration de la radicule dans la couche de mercure la plus élevée ayant eu lieu, soit par le fait de la fixation de la graine au-dessus de la surface de ce métal, soit par le fait de son agglutination à cette surface elle-même, suivant qu'on voudra admettre

l'une ou l'autre des deux manières dont l'expérience de M. Payer a pu être établie, la cause de la pénétration de la radicule dans la seconde couche de mercure sera la suivante; la radicule, en finissant de traverser la première couche de mercure, s'engageait dans l'une des mailles étroites du morceau de tulle qui recouvrait la petite grille de platine, appareil au moyen duquel le mercure était soutenu au-dessus de l'eau. La radicule, en s'engageant dans les mailles de ce diaphragme, où elle s'accroissait ensuite en grosseur, y était nécessairement pressée et fixée solidement de manière à ne pouvoir plus remonter. Dès lors on conçoit que cette radicule, après avoir traversé la couche d'eau sous-jacente, venant à rencontrer la seconde couche de mercure, devait s'y enfoncer; il devait en être de même relativement à la troisième couche de mercure, si elle était établie dans l'expérience, car M. Payer dit qu'il a fait traverser plusieurs couches de mercure aux radicules, sans spécifier leur nombre.

» Nous n'avons pas répété toutes les expériences de M. Durand, seulement nous nous sommes assurés de l'exactitude de la plus importante d'entre elles, de celle dans laquelle il a vu que la graine pouvait être fixée à la surface du mercure par un enduit déposé sur ce métal, ce qui donnait à la radicule le pouvoir de pénétrer dans la masse de ce dernier. Pour faire cette expérience, nous avons choisi les graines du cresson alénois (*Lepidium sativum*), graines qui, à raison de leur légèreté, ne peuvent guère faire pénétrer leur radicule dans le mercure par l'effet de la pression qu'elles exercent sur elle en vertu de leur pesanteur. Nous avons placé dix de ces graines sur du mercure, et nous avons couvert chaque graine d'une goutte d'eau. Cette première goutte s'étant évaporée, nous l'avons remplacée par une seconde, qui, s'étant de même évaporée, a été remplacée par une troisième goutte, et ainsi de suite. Pendant la nuit nous couvrions les graines avec une petite cloche de verre qui plongeait dans le mercure; l'air qui se trouvait renfermé dans cette cloche étant bientôt saturé d'eau, les graines conservaient, pendant toute la nuit, les gouttes d'eau qui avaient été déposées sur elles, gouttes qui recommençaient à s'évaporer le lendemain lorsque la cloche était enlevée. Ces évaporations successives laissèrent sur le mercure, à l'endroit où chaque graine était déposée, une couche d'un enduit blanchâtre. Les graines ont germé; une seule des radicules s'est enfoncée dans le mercure, toutes les autres ont rampé sur sa surface. La radicule qui avait pénétré dans le mercure y était tellement fixée, qu'on pouvait ébranler le mercure sans qu'elle fût expulsée; on pouvait la soulever légèrement avec une pince, et lui faire subir ainsi une tentative d'arrachement sans qu'elle sortît du mercure; c'était le troisième jour après la

germination. Il fut facile de voir que la radicule était agglutinée à sa partie supérieure, ainsi que la graine, par l'enduit qui existait à la surface du mercure, lequel cependant était alors couvert d'un peu d'eau qui n'avait point dissous l'enduit agglutinant. Cette radicule ayant été arrachée tout à fait, on vit, par sa longueur, qu'elle avait pénétré verticalement dans le mercure à une profondeur de 4 millimètres; lorsqu'on tenta de la replanter dans ce métal, elle en fut immédiatement expulsée. Ainsi s'est trouvée confirmée l'assertion de M. Durand sur ce point; mais, remarquons-le bien, ce fait est loin de se reproduire constamment.

Conclusions.

» Il résulte des expériences exposées dans ce Rapport, que le phénomène de la pénétration des racines dans le mercure, phénomène qui paraissait paradoxal, rentre dans la catégorie des faits qui sont soumis aux lois connues de la nature. On doit savoir gré à M. Payer d'avoir tiré cette question de l'oubli où elle était plongée, bien qu'il n'ait rien fait pour sa solution; d'avoir varié les expériences, et surtout d'avoir mesuré exactement le degré d'enfoncement des racines dans le mercure. Son Mémoire a été l'occasion de nouvelles recherches qui ont définitivement fixé l'opinion des physiologistes et des physiciens sur cet objet : c'est à M. Durand que l'on doit d'avoir trouvé la cause de ce phénomène. Il a démontré que la cause principale de la pénétration des racines dans le mercure est la fixation des graines, soit à la surface du mercure, soit au-dessus de cette surface; car, lorsque cette fixation n'a pas lieu, les racines s'enfoncent seulement en raison du poids de la graine. La sagacité qu'il a montrée dans ses recherches, la précision rigoureuse des expériences au moyen desquelles il a donné la solution du problème, lui méritent l'approbation de l'Académie. »

Les conclusions de ce Rapport sont adoptées.

BOTANIQUE. — *Rapport sur un Mémoire de* M. **Duchartre**, *intitulé :* Recherches anatomiques et organogéniques sur la Clandestine.

(Commissaires, MM. de Mirbel, Richard, Ad. Brongniart rapporteur.)

« L'histoire complète d'une plante depuis son origine à l'époque de la germination jusqu'au moment où, après avoir donné naissance à de nouvelles graines, elle a accompli toutes les phases de son existence, manque encore à la botanique; car le type étudié à fond dans tous ses détails, sous le point

de vue anatomique et physiologique, que l'homme fournit à la zoologie, n'existe pas dans le règne végétal; de nombreux matériaux ont été, il est vrai, réunis pour l'histoire de quelques plantes, mais il n'en est pas dans lesquelles il ne reste quelque lacune essentielle à remplir.

» La description de la plupart des plantes se borne à celle de leurs formes extérieures quant aux organes de la végétation, et les organes de la reproduction ont seuls été examinés généralement avec plus de détails. Parmi les plantes phanérogames, la Garance presque seule a été l'objet d'un travail de cette nature, approfondi et presque complet, dû à M. Decaisne.

» Il serait cependant bien à désirer, tant dans l'intérêt de l'anatomie végétale en général que pour l'application des caractères anatomiques à la classification naturelle, qu'un certain nombre des types principaux du règne végétal fussent examinés avec soin dans tous leurs organes essentiels. Beaucoup de faits considérés comme existant d'une manière générale perdraient cette universalité, et la fréquence plus ou moins grande des exceptions établirait bientôt la valeur des caractères et l'importance de tel ou tel point d'organisation.

» Le Mémoire de M. Duchartre sur la Clandestine est un excellent exemple de ce genre de ce travail, dans lequel beaucoup de points sont traités d'une manière très-complète et très-satisfaisante, et dans lequel un petit nombre seulement de lacunes seraient encore à signaler.

» Mais ce Mémoire acquiert un intérêt de plus par la nature de la plante qui en est l'objet. Le mode d'existence des plantes parasites est toujours un problème intéressant à résoudre, et l'examen anatomique de leurs organes doit servir de point de départ pour les recherches physiologiques.

» Déjà plusieurs de ces végétaux ont été l'objet de travaux étendus parmi lesquels on doit citer en première ligne celui de M. R. Brown sur le *Rafflesia*, puis ceux de M. Unger sur les plantes parasites en général, de M. Gœppert sur les Balanophorées, enfin les recherches de M. Bowmann sur une autre espèce du même genre que la Clandestine, le *Lathræa squamaria*. Mais, si nous en exceptons le premier de ces Mémoires, les autres travaux que nous venons de citer ont eu presque uniquement pour objet le mode d'implantation des plantes parasites sur la plante qui les nourrit ou quelques points particuliers de leur organisation. M. Duchartre, au contraire, s'est proposé d'étudier successivement tous les organes de la plante curieuse qu'il a prise pour sujet de ses recherches; il en présente une véritable monographie anatomique, et cette marche lui a fait découvrir plusieurs faits importants dans la structure de cette espèce.

» Nous allons le suivre dans l'examen des divers organes de la végétation et de la reproduction en signalant rapidement les points par lesquels l'organisation de cette plante semble s'éloigner de celle des végétaux qui ont déjà été étudiés par d'autres anatomistes, et nous devons dire que nous avons pu vérifier la plupart des faits avancés par M. Duchartre, et représentés sur les nombreux dessins qui accompagnent son Mémoire, au moyen d'échantillons frais ou conservés dans l'alcool qu'il nous a procurés.

» La structure de la tige est étudiée en premier par M. Duchartre; il y retrouve, comme dans toutes les tiges des Dicotylédones, la moelle, le système ligneux et le système cortical formé du liber et de l'enveloppe celluleuse; mais il y signale deux caractères qui semblent éloigner cette plante de la structure habituelle de ces végétaux. Le premier consiste dans l'absence d'un étui médullaire, c'est-à-dire d'une première zone intérieure de vaisseaux d'une nature différente de ceux de la zone ligneuse et compris entre la moelle et cette zone ligneuse. Ce sont ces vaisseaux qui dans les Dicotylédones ordinaires appartiennent à la forme désignée sous le nom de *vraies trachées* ou de *trachées déroulables*, et c'est même dans cette position seule qu'on trouve dans la tige cette sorte de vaisseaux. Ici rien de semblable ne se présente; les vaisseaux les plus rapprochés de la moelle sont des vaisseaux finement réticulés, semblables, quoique plus fins, à ceux qui existent dans le reste de la couche ligneuse. Il n'y a pas de trachées à fibre spirale continue, libre et déroulable.

» Ce caractère du reste, quoique faisant une exception à l'organisation la plus habituelle des plantes dicotylédones, s'est déjà présenté dans d'autres végétaux de cette classe, et particulièrement dans la plupart des plantes parasites, quoique la manière peu précise dont plusieurs auteurs appliquent le mot de *vaisseaux spiraux* puisse quelquefois laisser du doute à cet égard.

» Un second caractère remarquable du corps ligneux de cette plante consiste dans l'absence complète des rayons médullaires. Ce fait est bien établi par M. Duchartre, et ne peut laisser aucun doute. La zone ligneuse est entièrement formée de cellules allongées dans le sens de la longueur de la tige et parallèles par conséquent à la moelle, entremêlées de vaisseaux plus ou moins finement réticulés et paraissant ainsi le plus souvent rayés ou ponctués; elle n'est interrompue dans aucun point par ces lignes de cellules à direction rayonnante qui, s'étendant de la moelle vers l'écorce, constituent les rayons médullaires.

» Déjà l'un de nous avait signalé une structure analogue, sous ce rapport,

dans une famille très-éloignée de celle-ci, dans les Crassulacées (1), où la zone ligneuse est également dépourvue de rayons médullaires, et n'est constituée que par des tissus allongés dans le sens de l'axe et parfaitement continus.

» Ayant voulu constater si dans la famille à laquelle appartient le *Lathræa clandestina*, ce caractère se retrouverait dans quelque autre plante, nous nous sommes assurés que le *Melampyrum sylvaticum* présentait la même continuité dans les tissus allongés de la zone ligneuse, et qu'il y avait aussi absence complète de rayons médullaires.

» Voici donc dans plusieurs Dicotylédones une organisation de la tige qu'on était loin de soupçonner il y a quelques années, et qui mérite de fixer l'attention des physiologistes.

» L'écorce présente, dans son tissu interne allongé formant le liber, la même continuité, par suite de l'absence des rayons médullaires qui ordinairement s'étendent du bois dans l'écorce. Le tissu qui constitue cette couche corticale interne a la plus grande analogie avec celui qui forme la partie non vasculaire de la zone ligneuse; seulement il est plus opaque et plus solide vers l'extérieur, plus tendre et à parois plus minces dans la partie interne, en contact avec l'extérieur du bois.

» Nulle part M. Duchartre n'a pu apercevoir d'indice des vaisseaux propres ou laticifères.

» Mais si la zone de tissu ligneux allongé formant le bois et le liber constitue un cylindre continu autour de la moelle, et non pas une série de faisceaux distincts séparés par les rayons médullaires, comme cela a lieu habituellement, il n'en est pas moins vrai que les vaisseaux s'y forment par faisceaux séparés et en nombre déterminé. C'est ce que montrent les recherches de M. Duchartre sur le développement successif de la tige et des tissus qui la constituent. Les vaisseaux forment d'abord quatre faisceaux bien distincts, puis ils se divisent en un plus grand nombre, et on en compte huit, dix, douze et même plus; enfin les vaisseaux paraissent dispersés avec irrégularité dans toute cette zone, qui, elle-même, sur de vieilles souches d'au moins deux ans, acquiert une épaisseur beaucoup plus grande, et est souvent formée de deux couches concentriques assez distinctes.

» Ainsi, malgré ces deux points essentiels, par lesquels la tige du *Lathræa clandestina* s'éloigne de la structure ordinaire des Dicotylédones, l'ab-

---

(1) *Voyez* Observations sur la structure intérieure du *Sigillaria elegans*, etc.; par M. Ad. Brongniart. (*Archives du Muséum*, tome I, page 437.)

sence des trachées et l'absence des rayons médullaires, son accroissement s'opère suivant le mode propre à l'ensemble de ces végétaux.

» La racine, dans ses parties principales et même dans ses fibrilles, offre la même structure que la tige, modifiée, comme cela a lieu généralement, par l'absence de la moelle; mais le parasitisme de cette plante donnait un intérêt particulier à l'étude des extrémités des fibrilles radicales par lesquelles elle se fixe sur les racines des arbres, et le plus souvent sur celles des peupliers.

» Cependant ce point, déjà examiné avec soin par M. Bowmann, sur le *Lathræa squamaria*, devait offrir moins de faits nouveaux; en effet, les différences entre ces deux espèces, sous ce rapport, sont très-légères, et M. Duchartre n'a pu ajouter que quelques détails et montrer quelques différences secondaires entre ces deux plantes.

» La Clandestine se fixe sur les racines des arbres par des suçoirs nombreux terminant les radicelles, ou naissant latéralement le long de ces fibrilles et représentant les spongioles. Ces suçoirs, à peu près hémisphériques, sont plus gros que ceux du *Lathræa squamaria;* leur surface d'adhérence est plane ou légèrement concave, formée d'un tissu cellulaire d'une forme spéciale, allongé et dirigé perpendiculairement à la surface extérieure.

» Le petit tubercule que forme le suçoir lui-même est essentiellement celluleux, mais parcouru, surtout vers son centre, par de nombreux vaisseaux moniliformes à parois réticulées, qui ne s'étendent pas cependant jusqu'à la surface par laquelle le suçoir est appliqué sur la racine étrangère : disposition qui différerait ainsi de celle annoncee par M. Bowmann dans le *Lathræa squamaria*.

» La plupart des plantes parasites sur des racines sont dépourvues de vraies feuilles, ces organes étant réduits à des écailles courtes qui paraissent correspondre seulement à la base des pétioles; c'est ce qu'on voit sur les Orobanches, les Monotropa, et plusieurs plantes exotiques qui offrent le même mode de végétation, et ces feuilles réduites, avortées, paraissent, ainsi que les tiges, généralement dépourvues de ces pores épidermiques désignés sous le nom de stomates.

» Les organes appendiculaires des *Lathræa* offrent une forme et une structure très-différentes, quoique courts et imbriqués comme des écailles; ils sont rétrécis à leur base en une sorte de pétiole et présentent un vrai limbe charnu cordiforme, analogue à celui des feuilles de certaines plantes grasses. Déjà M. Bowmann avait indiqué les grandes lacunes régulières qui parcourent l'intérieur de ces sortes de feuilles, mais il avait cru ces organes dépourvus de stomates, et ce n'est que dans ces dernières années que

M. Schleiden a signalé l'existence de ces pores sur les feuilles du *Lathræa squamaria*. M. Duchartre, de son côté, avait découvert ces organes, non-seulement sur la cuticule des feuilles, mais sur celle des tiges de la Clandestine, et à une époque où il ne pouvait pas connaître l'observation de M. Schleiden sur l'autre espèce de *Lathræa*, il avait insisté sur cette exception à un caractère considéré comme général parmi les plantes parasites sur les racines.

» Son Mémoire renferme, en outre, une description anatomique très-complète de ces feuilles rudimentaires et cependant si compliquées, de leurs nervures, de leur parenchyme et des lacunes qui y sont régulièrement pratiquées, des papilles qui les tapissent; enfin le mode d'évolution de ces organes y est suivi avec soin, et c'est un des chapitres les plus complets de l'histoire de cette plante remarquable. Il termine ce qui a rapport aux organes de la végétation.

» Quant aux organes de la reproduction, la plante qui fait le sujet du travail de M. Duchartre n'offrait pas de singularité qui pût faire présumer rien de très-particulier dans leur structure; mais, comme nous l'avons dit en commençant ce Rapport, une description anatomique bien complète des divers organes d'un végétal est encore une chose assez rare pour qu'elle offre une véritable utilité pour la science par les moyens de comparaison qu'elle permettra d'établir plus tard.

» Sous ce point de vue, l'étude anatomique de presque toutes les parties de la fleur de la Clandestine telle que l'a faite M. Duchartre est un travail digne d'éloges; mais, en outre, l'auteur a porté son attention d'une manière spéciale sur le mode de développement des divers verticilles floraux, sujet dont il s'était déjà occupé précédemment dans d'autres végétaux, et sur lequel il a présenté plus récemment plusieurs Mémoires à l'Académie.

» Ainsi le mode d'apparition du calice, de la corolle, des étamines et du pistil, les changements qui s'opèrent dans les anthères et l'ovaire ont été suivis avec soin, et quelques-unes des théories émises sur ce sujet ont été discutées à cette occasion; mais, comme ces points d'organogénie ne se présentent ici qu'accidentellement et qu'ils ont été traités avec plus de développement dans d'autres Mémoires de M. Duchartre, nous ne croyons pas devoir nous en occuper ici, la Clandestine n'offrant sous ce rapport rien de particulier.

» Cette question, en effet, a été étudiée d'une manière beaucoup plus étendue par le même savant dans deux Mémoires également présentés à l'Académie. L'un, sur les Primulacées, a déjà fait le sujet d'un Rapport lu à l'Académie, l'année dernière, par notre honorable collègue M. Gaudichaud;

l'autre, sur les Malvacées, est actuellement soumis à l'examen d'une autre Commission.

» On peut voir, par l'analyse que nous venons de présenter à l'Académie des recherches de M. Duchartre sur la Clandestine, que cette plante singulière a été étudiée par ce jeune botaniste, sous le point de vue de l'anatomie et du développement de tous ses organes, avec une grande attention; que plusieurs faits importants ont été reconnus par lui, et qu'il a laissé sous ces deux rapports bien peu de lacunes à remplir dans l'étude spéciale de cette plante. On regrette seulement qu'il n'ait pas pu suivre le mode de formation de l'embryon, et plus tard sa germination. Ce sont deux points qu'il chercherait sans doute à éclaircir s'il avait de nouveau occasion d'étudier cette plante à l'état vivant.

» Malgré ces légères lacunes, le travail de M. Duchartre n'en est pas moins un des plus complets sur l'anatomie et l'organogénie d'un végétal spécial; il nous a paru très-exact dans tous les points que nous avons pu vérifier, l'auteur est bien au courant des travaux modernes relatifs aux divers sujets qu'il a traités, et nous pensons qu'il serait à désirer pour les progrès de la botanique que la science possédât plusieurs monographies anatomiques faites avec le même soin. Par ces motifs, nous proposerons à l'Académie de donner son approbation au Mémoire de M. Duchartre et de décider qu'il sera inséré dans les Mémoires des *Savants étrangers*. »

Les conclusions de ce Rapport sont adoptées.

NOMINATIONS.

L'Académie nomme, par la voie du scrutin, une Commission de cinq membres qui sera chargée de l'examen des pièces adressées au concours pour le prix de Statistique.

MM. Mathieu, Dupin, Francœur, de Gasparin, Pouillet réunissent la majorité des suffrages.

L'Académie nomme, également par la voie du scrutin, la Commission qui sera chargée de décerner le prix d'Astronomie, fondation de M. Lalande.

Commissaires, MM. Arago, Mathieu, Mauvais, Laugier, Liouville.

MÉMOIRES PRÉSENTÉS.

GÉOLOGIE. — *Sur l'origine des roches granitiques; par* M. DUROCHER.

(Commissaires, MM. Ad. Brongniart, Berthier, Dufrénoy.)

« Parmi les phénomènes mystérieux que la géologie nous offre en si grand nombre, et pour l'étude desquels elle invoque le secours de la chimie et de la physique, il en est un qui a depuis longtemps fixé l'attention, et dont cependant l'explication reste encore à donner; il consiste dans l'arrangement singulier des cristaux de feldspath, du mica et du quartz, éléments constituants des roches granitiques. Leur disposition relative semble présenter une anomalie aux lois de la physique, elle paraît incompatible avec la facile fusibilité du feldspath et du mica, et la propriété réfractaire du quartz. On remarque souvent, en effet, des empreintes de cristaux de feldspath sur le quartz qui les enveloppe; et j'ai l'honneur de présenter à l'Académie des échantillons d'une granite à tourmaline de la vallée de Suc (Arriége), sur lesquels les empreintes réciproques des divers éléments sont bien marquées : on y voit tantôt les cristaux de tourmaline ou de feldspath qui se sont formés au milieu du quartz, et ont marqué dessus leur empreinte; tantôt, au contraire, des cristaux de quartz entourés d'une masse feldspathique. On remarque, entre autres, un cristal de grenat qui s'est développé bien nettement au milieu d'une masse quartzeuse.

» L'examen attentif de ces échantillons et de la plupart des roches granitiques en général conduit à cette conséquence inévitable, et sans laquelle il serait impossible de se rendre compte de l'enchevêtrement des grains de feldspath, de quartz et de mica dans les granites, savoir, que la solidification des divers éléments constitutifs de la roche a dû se faire à peu près en même temps.

» La difficulté de concevoir la cristallisation simultanée de substances dont les fusibilités sont si différentes a une importance incontestable; elle est une de ces objections qui ont été opposées aux partisans des idées plutoniennes, et il faut avouer que, jusqu'à présent, elle est restée sans réponse. Tout récemment, elle a servi de point de départ à un ingénieux géologue (1), et lui a inspiré une théorie très-compliquée sur l'origine des granites et autres roches ignées, théorie bizarre au point de vue des idées actuelles, en ce

---

(1) *Études sur l'histoire de la terre;* par M. de Boucheporn.

sens qu'elle offre un véritable retour vers le système neptunien; d'ailleurs elle ne fait que remplacer une difficulté par d'autres au moins tout aussi inexplicables.

» Pour rendre raison des mêmes faits, M. Fournet a présenté des considérations intéressantes; elles se résument dans l'intervention de ce fait physique, que le point de congélation ou de solidification d'un corps liquide correspond souvent à une température notablement plus basse que le point où le même corps entre en liquéfaction, lorsqu'il passe de l'état solide à l'état liquide par suite d'une élévation de température. Cette observation de M. Fournet ne doit pas être négligée dans l'étude des phénomènes qui nous occupent, mais elle me paraît tout à fait insuffisante pour les expliquer d'une manière complète. En effet, d'après les observations faites jusqu'à ce jour, les différences que l'on a remarquées entre les degrés de température correspondant à la congélation et à la liquéfaction d'une même substance ne s'élèvent guère jusqu'à 100 degrés; elles sont donc beaucoup trop faibles pour expliquer comment le feldspath, la tourmaline ou le grenat ont pu cristalliser avant le quartz, ou à l'instant de sa solidification, puisque la différence entre leurs points de fusion est de plusieurs centaines de degrés.

» Mais les conditions dans lesquelles ce phénomènes s'est passé me paraissent être fort différentes de celles que l'on a supposées; on l'a assimilé à ce qui aurait lieu si l'on prenait actuellement une masse composée de feldspath, mica et quartz, et qu'après en avoir élevé la température assez pour amener à l'état de fusion les divers éléments, on l'abandonnât à un refroidissement spontané; il est très-probable qu'alors, en admettant que l'on pût empêcher la silice de réagir sur les autres éléments, les parties quartzeuses se consolideraient avant les parties feldspathiques, bien qu'elles pussent s'abaisser, avant de se congeler, jusqu'à une température un peu plus basse que celle qui correspond à la liquéfaction de la silice.

» Mais la cristallisation des roches granitiques ne paraît pas s'être opérée de cette manière : lorsqu'elles étaient encore fluides et douées d'une température très-élevée, le feldspath, le mica et le quartz n'étaient pas isolés les uns des autres comme nous les voyons aujourd'hui; ils étaient combinés ensemble et formaient une masse homogène composée de silice, alumine, de bases alcalines et terreuses, potasse, soude, quelquefois lithine, avec un peu de chaux et magnésie, d'oxyde de fer et de manganèse, contenant aussi des quantités très-minimes d'acide fluorhydrique et souvent même d'acide borique. Or, je vais démontrer tout à l'heure qu'une masse ainsi composée a pu rester fluide en perdant de sa chaleur et conservant tous ses éléments com-

binés ensemble jusqu'à une température peu supérieure à celle qui détermine la liquéfaction du feldspath.

» Si l'on admet cette hypothèse provisoire, on conçoit qu'à partir du moment où le départ s'effectue dans le magma granitique, où s'en séparent trois ou même quatre combinaisons définies, l'orthôse, l'albite, le mica et le quartz, si la température de la masse est peu élevée au-dessus de celle qui détermine la solidification des éléments les plus fusibles; on conçoit, dis-je, que ces divers éléments mettront peu de temps à passer de l'état liquide à l'état solide ; et je signalerai même une cause qui devait tendre à abaisser la température de cette masse pâteuse à l'instant où elle s'est partagée en plusieurs composés distincts, et par suite, à accélérer la solidification de ces derniers. Avant le départ des éléments, la silice se trouvait combinée avec d'autres silicates et formait une combinaison acide analogue, par exemple, à celle de l'acide sulfurique avec un sulfate alcalin; et, de même que cette dernière combinaison s'opère avec dégagement de chaleur, il est probable que l'acide silicique, en s'unissant à un silicate alcalin et terreux, doit produire de la chaleur; et inversement, lorsqu'il se sépare d'une combinaison de ce genre, il doit y avoir absorption de chaleur: ainsi, à l'instant où le quartz a été éliminé d'une combinaison granitique multiple, il doit y avoir eu un certain abaissement de température, faible peut-être, mais qui, néanmoins, aura pu contribuer à accélérer la solidification.

» Je remarque d'ailleurs que cette considération d'un abaissement de température à l'instant du départ des éléments n'est qu'accessoire, et que, quand même cet abaissement serait trop minime pour avoir quelque influence dans ce phénomène, cela n'infirmerait en rien la théorie que je développe et dans laquelle il est facile d'expliquer comment le feldspath a pu prendre la forme solide un peu avant le quartz et marquer dessus son empreinte. Si nous nous représentons en effet les éléments du granite se séparant d'une combinaison silicatée à une température peu élevée au-dessus du point de congélation du feldspath, alors diverses circonstances pourront déterminer certains des éléments à se solidifier plus rapidement que les autres, et il pourra se produire des conditions telles, que l'élément le plus fusible mette un peu moins de temps à se consolider que le plus réfractaire, ce qui dépendra uniquement de leurs propriétés physiques. Nous savons que certains corps, en se solidifiant, passent par l'état visqueux, tandis que d'autres prennent presque instantanément l'état solide : or, précisément, la silice, lorsqu'elle est en fusion et qu'elle se refroidit, passe par l'état visqueux avant de se solidifier et peut même se tirer en fil, ainsi que l'a observé M. Gaudin;

tandis que le feldspath, qui se montre toujours à l'état cristallin, et dont la solidification a dû être accélérée par sa grande tendance à se prendre en cristaux, a dû passer plus rapidement de l'état de fusion à l'état solide. Il a donc pu arriver que le quartz fût en voie de se consolider, mais encore pâteux et un peu mou, au moment où le feldspath aura cristallisé; et la chaleur, dégagée par celui-ci à l'instant du passage subit de l'état liquide à l'état solide, se sera communiquée au quartz environnant et aura contribué à le maintenir dans un état de mollesse ou de viscosité suffisant pour qu'il ait pu prendre l'empreinte de la forme cristalline du feldspath.

» D'ailleurs le quartz, quand il se trouve dans le granite en cristaux ou en noyaux cristallins, a marqué lui-même son empreinte sur le feldspath, et ces empreintes réciproques du quartz cristallin sur le feldspath et du feldspath sur le quartz compacte ou hyalin, qui se voient fréquemment dans un même échantillon, montrent, de la manière la plus évidente, que ces éléments ont passé à peu près en même temps de l'état liquide à l'état solide, mais que la durée du temps qu'a exigé ce passage n'a pas été la même pour tous les deux, et que l'antériorité de quelques instants dans la solidification n'est que le simple effet de la tendance plus ou moins grande qu'avaient ces substances à affecter une forme cristalline. Les noyaux cristallins de quartz que l'on observe assez souvent dans les roches granitiques ont pris ordinairement la forme solide les premiers, et au milieu d'un mélange de feldspath et de quartz encore pâteux; mais au contraire, là où le quartz se montre amorphe ou compacte, ce qui est le cas général dans les granites, il a formé une masse visqueuse, une espèce de ciment où le feldspath et le mica ont cristallisé.

» Il reste maintenant à démontrer l'hypothèse qui sert de base au raisonnement que nous venons de faire; il faut prouver que les trois éléments du granite ont pu rester associés dans une combinaison unique jusqu'à l'époque de leur solidification, et que cette combinaison devait avoir une fusibilité peu inférieure à celle du feldspath. C'est ce que nous allons faire à l'aide de considérations chimiques et géologiques.

» Les proportions relatives des éléments du granite sont susceptibles de beaucoup de variations; des recherches qui feront l'objet d'un travail particulier m'ont conduit à apprécier avec assez d'exactitude leur quantité respective dans les roches granitiques : c'est le quartz qui éprouve les variations les moins étendues; elles sortent rarement des limites de 30 à 40 pour 100 de la masse totale. Le feldspath (en comprenant sous ce nom l'orthôse et l'albite) et le mica varient en sens inverse; tantôt la proportion de feldspath s'élève jusqu'à 50 et même 55 pour 100, et alors celle du mica descend

jusqu'à 15 pour 100 (c'est le cas de beaucoup de granites à gros cristaux d'orthôse); tantôt au contraire, le mica forme les 50 pour 100 du granite, et le feldspath n'y entre que dans le rapport de 15 à 20 pour 100, ainsi qu'on le voit dans certaines espèces de granites à petits grains et particulièrement dans les granites schistoïdes qui sont très-communs en Bretagne. La composition normale, et qui paraît être la plus générale, du moins pour les granites que j'ai examinés, consiste dans les rapports suivants : feldspath, 40 pour 100; quartz, 35; et mica, 25. La plupart des granites, ainsi que je l'ai exposé dans un précédent Mémoire (*Annales des Mines*, 4ᵉ série, t. VI, p. 67), renferment une certaine quantité d'albite mélangé avec l'orthôse, mais cette quantité n'est pas en général très-considérable, et la composition de l'albite ne différant de celle de l'orthôse que par la substitution de la soude à la potasse, dans les calculs que nous allons exposer, nous pouvons, sans inconvénient, faire abstraction de l'albite.

» En attribuant au feldspath et au mica les compositions indiquées dans le tableau ci-dessous, et qui représentent les moyennes d'un grand nombre d'analyses faites par les chimistes qui méritent le plus de confiance, nous trouvons les valeurs exprimées ici pour les compositions élémentaires des variétés extrêmes et moyennes de granites : 1° très-feldspathique (contenant 50 pour 100 de feldspath et 15 de mica); 2° très-micacé (50 pour 100 de mica et 15 de feldspath); 3° normal (40 pour 100 de feldspath et 25 de mica), le quartz étant supposé se trouver dans une proportion moyenne et constante de 35 pour 100.

	Compositions moyennes du feldspath.		Compositions moyennes du mica.		Compositions élémentaires des granites : 1° Très-feldspathique.	2° Très-micacé.	3° Normal.
Silice	64		47		74,0	68,1	72,3
Alumine	19		31		14,1	18,3	15,3
Alcalis { Potasse et un peu de soude }	13	Potasse	9	Potasse et un peu de soude	7,8	6,4	7,4
Chaux, magnésie, oxyde de fer	2	Magnésie et oxyde de manganèse	4				
		Oxyde de fer	6	Magnésie, chaux et oxyde de manganèse	1,6	2,3	1,8
		Divers, acide fluorhydrique, eau, etc.	3	Oxyde de fer	0,9	3,0	1,5

Compositions extrêmes des pétrosilex.	Pétrosilex de la Bretagne.	Pétrosilex des Pentland-Hills (Écosse).
Silice	75,4	68,0
Alumine	15,5	19,0
Alcalis (potasse et soude)	3,8	5,6
Chaux et magnésie	1,4	1,1
Oxyde de fer	1,2	4,5

» Or, comparons aux compositions élémentaires des granites celles des pétrosilex :

» Comme ces substances, que jusqu'à présent l'on a considérées à tort comme des espèces minérales, ne sont point cristallisées et ne sont caractérisées que par leur aspect extérieur, la cassure esquilleuse et la fusibilité au chalumeau, elles n'offrent point une composition constante, mais elles renferment toujours plus de silice et moins d'alcalis que le feldspath cristallisé; et si l'on prend les pétrosilex qui ont quelque importance au point de vue géologique, qui forment des masses d'une certaine étendue, et que l'on compare leurs compositions avec celles des granites pris en masse, on y reconnaît des analogies frappantes et qui s'approchent presque de l'identité. Dans le tableau sommaire ci-joint, j'ai mis en regard et au-dessous des granites n°s 1 et 2, les compositions de deux sortes de pétrosilex qui me paraissent appartenir à deux types opposés sous le rapport de la composition : l'un est le pétrosilex des Pentland-Hills, en Écosse; l'autre est une variété de pétrosilex fréquente en Bretagne, passant à un porphyre compacte, dont j'ai obtenu la composition moyenne indiquée ici sur plusieurs échantillons; cette composition est d'ailleurs à peu près la même que celle assignée par M. Berthier à un pétrosilex des environs de Nantes.

» La ressemblance entre les compositions chimiques de ces deux pétrosilex et celles des deux granites extrêmes n°s 1 et 2 est évidente; les proportions de silice et d'alumine sont presque identiques; il y a seulement plus d'alcalis dans les granites. La composition élémentaire des différentes variétés de granites et celle des pétrosilex paraissent donc osciller entre deux limites extrêmes qui sont à peu près les mêmes pour ces deux genres de substances minérales. Il est remarquable que cette analogie continue d'avoir lieu même dans des cas tout à fait extrêmes; ainsi le pétrosilex de Sahlberg, en Suède, analysé par M. Berthier, se rapproche beaucoup de la composition d'une pegmatite qui serait composée de feldspath albitique et de quartz, en proportions à peu près égales.

» La différence principale entre les pétrosilex et les granites paraît consister en ce que les premiers renferment fréquemment un peu moins d'alcali que les granites; par suite, si les pétrosilex sont fusibles, les granites pris en masse et à l'état rudimentaire doivent l'être au même degré que les pétrosilex qui ont une composition analogue, et la quantité ordinairement un peu plus grande d'alcali contenue dans les granites doit compenser la propriété réfractaire de la silice, et doit rendre les granites aussi fusibles que des pétrosilex un peu moins chargés de silice. D'ailleurs, il ne paraîtra pas étonnant que les

granites soient réellement plus fusibles qu'on ne serait porté à le croire au premier abord, si l'on réfléchit que les silicates multiples combinés ensemble, sont beaucoup moins réfractaires qu'ils ne le seraient pris isolément, et par suite que le feldspath, le mica et le quartz étant associés dans un même composé, celui-ci doit être doué d'une fusibilité supérieure à la fusibilité moyenne des éléments qui le constituent.

» Tout le monde sait que les pétrosilex fondent assez facilement à la flamme du chalumeau, et que si leur fusibilité est un peu moindre que celle du feldspath, elle n'en diffère cependant pas beaucoup; on ne saurait donc douter que les masses granitiques qui ont fait éruption à la surface de notre globe aient pu se maintenir dans un état de fusion pâteuse jusqu'à une température voisine de celle qui correspond à la liquéfaction du feldspath; rien ne s'oppose à ce qu'elles aient conservé tous leurs éléments unis ensemble et formant une seule combinaison minérale, semblable au pétrosilex pendant la plus grande partie de leur période de refroidissement, et jusque vers l'époque de leur solidification. D'ailleurs, ici peut s'appliquer le principe invoqué d'une autre manière par M. Fournet : la masse granitique à l'état de combinaison simple aura pu se refroidir en restant pâteuse jusqu'à un degré de température inférieur à celui où elle passerait de l'état solide à l'état liquide, inférieur au point de fusion des pétrosilex et par suite très-voisin du point de fusion de l'orthôse; alors le départ des éléments se sera effectué à une température telle, que la tendance du feldspath à la cristallisation ait pu se développer très-peu de temps après sa séparation d'avec la silice et le mica.

» Les granites ne sont pas seulement en relation avec les pétrosilex, mais aussi avec une roche ignée très-répandue dans la nature; ce sont ces porphyres que l'on désigne habituellement en géologie sous le nom de porphyres quartzifères, et dans lesquels on reconnaît habituellement, outre les grains de quartz, des lames feldspathiques, et souvent des feuillets de mica; ils offrent tous les degrés de structure et de nature depuis les pétrosilex les plus compactes jusqu'aux granites les mieux caractérisés. Souvent, comme en Bretagne, ces dégradations se voient sur une même zone et à des distances très-rapprochées; quelquefois une même masse, telle que celle de Mésangé, aux environs d'Ancenis, se présente en certains endroits sous forme d'un véritable granite; puis, à côté, le feldspath, le mica et le quartz deviennent moins abondants, se fondent au milieu d'une pâte pétrosiliceuse; et après avoir passé du granite au porphyre quartzifère, la roche se transforme peu à peu en une masse compacte, à cassure esquilleuse, qui n'est autre qu'un pétrosilex. Il est beaucoup de parties de la France où le même passage se voit entre les

granites et les porphyres quartzifères, ainsi que l'ont déjà constaté MM. Dufrénoy et Élie de Beaumont, dans leurs beaux Mémoires sur le massif central de la France et sur les Vosges. (1er volume du texte de la *Carte géologique de France*.)

» Il y a donc une liaison très-intime entre ces trois substances : le granite, le porphyre quartzifère et le pétrosilex ; des recherches que j'ai entreprises sur la composition des porphyres quartzifères m'ont convaincu que leur composition est semblable à celle des pétrosilex, et que généralement elle se trouve comprise entre les deux compositions de pétrosilex citées plus haut.

» De même que les granites et les pétrosilex, les porphyres quartzifères renferment les deux alcalis, la potasse et la soude; j'ai reconnu leur présence simultanée par de nombreuses analyses; d'ailleurs, comme dans les granites, leur coexistence se manifeste par la présence assez générale de deux sortes de cristaux feldspathiques, d'orthôse et d'albite; néanmoins il y a des porphyres principalement potassiques ou orthosiques, et d'autres sont plutôt sodiques ou albitiques; de même que parmi les pétrosilex, les uns sont plus riches en potasse, et les autres plus riches en soude.

» D'ailleurs la réunion des porphyres, des pétrosilex et des granites est aussi confirmée par l'étude des densités de ces roches, sur lesquelles j'ai fait beaucoup d'expériences. La densité des porphyres quartzifères diffère très-peu, en général, de celle du quartz; elle varie habituellement de 2,62 à 2,68; soit 2,65 pour moyenne. Celle des pétrosilex est ordinairement comprise entre 2,62 et 2,70; soit 2,66 en moyenne. La densité des granites (1) varie habituellement de 2,60 à 2,70; il est très-rare qu'elle sorte de ces limites; on peut prendre pour moyenne 2,65. Ainsi, les densités de ces trois roches ont à peu près les mêmes moyennes et varient entre des limites à peu près égales.

» Quant à l'objection que l'on pourrait déduire de l'ancienneté relative des granites et des porphyres, les granites étant regardés comme plus anciens, elle ne me paraît pas fondée; car j'ai reconnu qu'il y a eu des éruptions de porphyre très-anciennes, antérieures même au terrain de transition; et dans la série des âges géologiques, les porphyres quartzifères, à base d'éléments granitiques, peuvent être considérés comme à peu près contemporains des

---

(1) On indique dans les Traités de minéralogie, la densité de l'orthôse comme variant de 2,39 à 2,58; mais les densités que j'ai mesurées d'un grand nombre d'échantillons d'orthôse extraits des granites ne se sont pas écartées des limites 2,54 et 2,58; soit 2,56 en moyenne. Quant à la densité du mica, elle varie de 2,80 à 2,93; ainsi en moyenne elle est de 2,86.

granites, et cette contemporanéité est quelquefois même rigoureusement exacte : ainsi les observations que j'ai faites en Bretagne m'ont conduit à regarder les masses de porphyres quartzifères que l'on y rencontre abondamment, comme ayant fait éruption en même temps ou à peu près à la même époque géologique que les grandes masses de granite de la même contrée.

» Il serait possible, et certaines observations géologiques semblent confirmer cette manière de voir, que par leur âge comme par leur nature, les porphyres quartzifères de beaucoup de pays ne fussent qu'une dépendance des granites qui s'y trouvent.

» Toutes les considérations concourent donc à justifier la réunion des granites, des porphyres quartzifères et des pétrosilex en une même classe de roches, sans contredit la plus importante de toutes. Ces trois substances, si différentes d'aspect extérieur, constituent les trois termes d'une série, le granite et le pétrosilex étant les termes extrêmes, et les porphyres quartzifères établissant une liaison entre eux. Ainsi les granites ont dû être originairement des masses de composition analogue à celle des pétrosilex; quand leur refroidissement a eu lieu sans partage des éléments, elles sont restées à l'état de pétrosilex; quand la séparation des éléments a été incomplète, il s'est formé un porphyre quartzifère, tantôt avec noyaux de quartz, tantôt avec lames de feldspath; souvent il s'y est développé à la fois du feldspath, du quartz et du mica, et la réunion de ces trois éléments établit un passage des porphyres aux granites. Enfin, lorsque la séparation des éléments a atteint son dernier terme; lorsque la masse ignée, qui était d'abord à l'état d'une pâte molle et homogène, a été entièrement décomposée et s'est résolue en trois ou quatre minéraux différents, elle a donné naissance aux granites : ce sont donc des roches pétrosiliceuses parvenues à un développement complet; les granites porphyroïdes où il reste encore une petite portion de la pâte qui paraît ne pas avoir été entièrement décomposée, nous offrent les dernières traces de l'état originaire de ces roches.

» Ce refroidissement de masses minérales ayant à peu près la même composition chimique, tantôt avec séparation des éléments, tantôt sans aucun partage, peut être comparé au refroidissement de la fonte de fer qui, dans de certaines conditions, abandonne une partie de son carbone sous forme cristalline, et constitue alors des fontes grises ou des fontes noires; tandis que, dans d'autres conditions, elle conserve tout son carbone à l'état de combinaison et forme alors de la fonte blanche. Le refroidissement des alliages métalliques nous offrirait d'autres exemples du même genre.

» Il est vraisemblable que les circonstances du refroidissement ont dû jouer un grand rôle dans ce phénomène, et il paraît qu'un refroidissement plus rapide, tel qu'il a dû avoir lieu dans les masses de pétrosilex ou de porphyres, en général moins étendues que celles des granites, a pu rendre plus difficiles la séparation et la cristallisation des éléments, probablement par l'effet des mêmes causes qui maintiennent tout le carbone à l'état de combinaison dans la fonte de fer refroidie brusquement. On pourrait encore attribuer une certaine influence à des courants électriques développés par suite d'une inégalité de température dans les diverses parties de la masse fluide; mais la composition élémentaire de ces roches, quoique variant dans des limites peu étendues, me paraît aussi devoir être prise en considération; et, sans entrer ici dans des détails sur lesquels je reviendrai par la suite, je me bornerai à faire remarquer que les granites renferment, en général, un peu plus d'alcalis et particulièrement plus de potasse que les porphyres, et surtout que les pétrosilex correspondants; la présence d'une plus grande quantité de potasse, c'est-à-dire d'un élément reconnu par l'analyse comme essentiel au mica et à la matière feldspathique des granites, paraît avoir été éminemment favorable à la cristallisation du feldspath et du mica, qui aura été nécessairement accompagnée d'une élimination de la silice.

» Je terminerai ces considérations en faisant observer que les porphyres quartzifères passant aux pétrosilex, et que ceux-ci n'étant autre chose que des granites compactes, la réunion de ces trois substances permet de considérer l'ensemble des roches ignées sous un point de vue de généralité assez remarquable. Il n'est pas, en effet, de roche dans la nature qui n'ait sa variété compacte; ainsi les roches amphiboliques (diorites ou *grünstein*) ont leurs variétés compactes dans les cornéennes ou aphanites; les roches pyroxéniques (basaltes, dolérites, laves à pyroxène) ont des variétés compactes représentées principalement par les mélaphyres; celles des trachytes le sont par les porphyres trachytiques; celles des roches diallagiques et hypersthéniques, par certaines variétés de trapps. Il serait étonnant que les granites seuls, les roches les plus importantes et les plus répandues, ne se présentassent jamais à l'état compacte; jusqu'à présent ils semblaient faire exception à la loi générale, mais leur réunion avec les porphyres quartzifères et les pétrosilex fait disparaître cette exception et vient remplir une lacune dans la série naturelle des roches ignées. »

M. de Chabannes adresse des suppléments à sa communication sur les *brise-lames flottants*.

(Renvoi à la Commission précédemment nommée.)

M. Guepratte soumet au jugement de l'Académie une Note sur un nouveau *troicart à hydrocèle*. Les modifications qu'il a fait subir à cet instrument ont pour but de prévenir l'injection du liquide irritant dans le tissu cellulaire du scrotum.

(Commissaires, MM. Roux, Velpeau.)

M. Gautier présente une addition à un Mémoire qu'il avait précédemment présenté concernant une *Machine mise en jeu par l'air dilaté au moyen de la chaleur*.

(Commission précédemment nommée.)

M. Herbault adresse de Poitiers (Vienne) une Note sur un *nouveau système de roues* destiné à permettre, aux véhicules qui circulent sur les *chemins de fer*, de tourner dans des courbes d'un petit rayon et de gravir des pentes très-inclinées.

(Commission des chemins de fer.)

M. Pommeraux présente la description et la figure d'un *frein destiné aux voitures des chemins de fer*, frein qui agit de lui-même dès l'instant où le convoi commence à dérailler.

(Commission des chemins de fer.)

M. Jung envoie une Note ayant pour titre : *Nouveau moteur hydraulique*.

(Commissaires, MM. Poncelet, Piobert, Morin.)

CORRESPONDANCE.

M. de Humboldt présente, de la part de M. Ehrenberg, un opuscule ayant pour titre : *Nouvelles recherches sur les Organismes microscopiques, et leur distribution géologique*.

« Les découvertes de ce savant naturaliste n'ont pas seulement répandu une vive lumière sur l'organisation d'un si vaste nombre de petits animaux à

carapaces siliceuses et calcaires et vivant encore dans nos mers, elles ont aussi la plus haute importance pour la géologie. M. Ehrenberg annonce, dans le Mémoire qu'il transmet à l'Académie, qu'après avoir poursuivi les Polythalames microscopiques calcaires jusque dans les couches inférieures des oolithes, il vient de découvrir aussi une forme polygastrique dans la grande et ancienne formation de houille de Potchapel, près de Dresde. C'est le *Peridinium monas*, presque identique de forme et de grandeur avec le *Peridinium monas* qui vit dans les eaux de la Baltique, près de Kiel. Déjà le comte Keyserling et M. Blasius, de Brunswick, avaient recueilli des organismes polygastriques dans le calcaire carbonifère du lac Onéga, comme M. Ehrenberg l'avait annoncé dans la séance de l'Académie de Berlin du 24 octobre 1844. Les matériaux se sont accrus par les collections que MM. Bailey, Schomburgk et Darwin ont envoyées des États-Unis, depuis le Niagara jusqu'à l'Orégon, depuis la Guyane anglaise jusqu'à la Terre-de-Feu. Près de 800 de ces formes microscopiques fossiles ont été examinées avec soin ; elles renferment 360 espèces différentes. Les petits organismes des formations tertiaires des États-Unis s'étendant par le Maryland jusqu'aux îles Bermudes, sont toutes pélagiques et cependant purement siliceuses, souvent analogues, par les espèces, aux formes des marnes crayeuses du bassin de la Méditerranée. La matière siliceuse avec laquelle les indigènes de la Terre-de-Feu se fardent est composée, selon M. Ehrenberg, de quatorze espèces polygastriques, animaux d'eau douce, mais fossiles. De nouvelles recherches sur la poussière que les navigateurs recueillent, si souvent attachée à la voilure des vaisseaux, à l'ouest des îles du cap Vert, et par les 15 et 19 degrés de latitude, ont prouvé que cette poussière, qui ôte la transparence à l'atmosphère, est composée de 67 formes organiques mêlées à de l'oxyde de fer. Aucune de ces formes n'a été reconnue jusqu'ici en Afrique ; plusieurs appartiennent à l'Amérique du Sud. M. Ehrenberg a aussi examiné, avec beaucoup de soin, tant le guano du Pérou, rapporté par M. de Humboldt et analysé par Klaproth, que le guano des côtes occidentales d'Afrique. Il y trouve, en tout, soixante-quinze espèces d'organismes microscopiques, et il suppose que ces animaux ont passé par les intestins de poissons ou de vers marins avant d'être arrivés à ceux des oiseaux. »

M. Santini, nommé récemment à une place de correspondant, Section d'Astronomie, adresse ses remercîments à l'Académie.

PHYSIQUE. — *Sur les mouvements vibratoires que déterminent dans les corps, soit la transmission des courants électriques, soit leur influence extérieure.* (Extrait d'une Lettre de M. le professeur DE LA RIVE, de Genève, à M. *Arago*.)

« ...Dans la séance du 21 mars 1844, de notre Société de Physique et d'Histoire naturelle, c'est-à-dire il y a plus d'un an, je fis voir qu'un morceau de fer doux placé dans l'intérieur d'une hélice rendait un son très-prononcé, quand il était successivement aimanté ou désaimanté, par le passage d'un courant électrique discontinu dans le fil métallique de l'hélice. Cette expérience, faite publiquement il y a plus d'un an, et que j'ai montrée à M. Becquerel l'été dernier à son passage à Genève, a été également faite en Angleterre par M. Marrian, de Birmingham, ainsi que cela résulte du compte qui en est rendu dans les journaux anglais et *l'Institut* du 8 janvier dernier. Dans la séance du 15 janvier 1845 de notre Société, je communiquai également quelques expériences, desquelles il résulte que le passage d'un courant discontinu à travers un fil ou un barreau de fer y détermine aussi des vibrations qui produisent un son très-fort. J'ajoutai que ce même effet est produit, mais à un degré moindre, par le passage du courant discontinu à travers tous les autres métaux. Or, je trouve, dans le numéro d'avril de l'*Electrical Magazine,* qui m'est parvenu hier, que M. Beatson, de Rotheram, a observé un fait analogue; mais il se contente d'en faire mention sans entrer dans aucun détail. J'ai réuni, dans un Mémoire qui est actuellement à l'impression, les faits dont je viens de vous entretenir, ainsi que d'autres relatifs à l'aimantation du fer doux. En attendant que ce Mémoire ait paru, et pour constater mon droit de priorité, je me suis décidé à vous adresser ces lignes que vous voudrez bien, j'espère, accueillir avec votre bienveillance accoutumée.

» J'ai disposé sur une table d'harmonie des fils ou des tiges de divers métaux, de différentes longueurs et de différents diamètres; la construction de l'appareil permettait de tendre les fils plus ou moins comme le fil d'un monocorde. Chaque tige ou chaque fil pouvait être disposé de façon à passer à travers l'axe d'une bobine entourée d'un gros fil de cuivre recouvert de soie et tourné en hélice. Je faisais passer le courant, rendu discontinu au moyen d'un commutateur, tantôt à travers le fil métallique lui-même, soumis à l'expérience, tantôt à travers le fil de l'hélice dont il était entouré. Voici maintenant les résultats.

» Avec des tiges ou des fils *de fer,* le son est presque le même, soit qu'il provienne des vibrations produites par le passage du courant discontinu à travers le fil, soit qu'il provienne des vibrations produites par l'aimantation ou la désaimantation qui résulte de la transmission du courant discontinu à travers le fil de l'hélice. Ce fait semblerait prouver que l'arrangement ou le dérangement moléculaire qui résulte de l'aimantation est le même que celui qui résulte de la transmission du courant électrique à travers le fer; cette analogie ne me paraît pas sans importance pour la théorie du magnétisme. Quant au son lui-même, je ne peux pas mieux en donner une idée qu'en le comparant à celui qu'on produit avec la roue dentée de Savart; c'est une suite de bruits résultant du choc de particules métalliques les unes contre les autres, beaucoup plus qu'un son musical. On entend aussi, il est vrai, des sons musicaux : ce sont les harmoniques du son que rendrait la tige ou le fil par l'effet des vibrations transversales; ils proviennent du mouvement vibratoire qu'éprouve le métal, mais ne sont pas un effet direct de l'influence électrique à laquelle il est soumis. On peut, en effet, les faire disparaître en touchant avec la main le corps vibrant, sans que pour cela disparaisse le bruit fondamental.

» Quand le fil de fer est *recuit,* le son qu'il produit par le passage du courant électrique est beaucoup plus fort que celui qu'il rend par l'action alternativement aimantante et désaimantante de l'hélice; c'est l'inverse quand il est *écroui.* Un fil d'*acier* ne rend qu'un son très-faible quand il est traversé par le courant; il en rend un beaucoup plus fort sous l'influence du courant qui traverse le fil de l'hélice. Le son que rend un fil de fer bien recuit quand il transmet le courant est un son très-fort qui ressemble beaucoup au son des cloches d'église dans le lointain. On pourrait peut-être l'employer avec avantage dans les télégraphes électriques.

» Le ton du son varie avec la vitesse avec laquelle les courants discontinus se succèdent; quand cette succession est très-rapide, le son ressemble beaucoup au bruit que fait le vent lorsqu'il souffle fortement. Cette remarque s'applique également au son produit par l'un comme par l'autre mode.

» J'ai soumis à la même double influence, des fils de *platine,* d'*argent,* de *cuivre,* de *laiton,* d'*argentane,* de *plomb,* d'*étain* et de *zinc.* Tous produisaient des sons appréciables, mais plus ou moins intenses, soit quand ils étaient traversés par le courant, soit quand ils étaient soumis à l'action extérieure du courant de l'hélice. Pour chacun, il n'y avait aucune différence sensible entre le son qu'il rendait dans l'un des cas, et celui qu'il rendait dans l'autre.

» Une chose remarquable, c'est que le cuivre, le laiton, le platine, l'argentane ne rendent des sons un peu intenses qu'autant qu'ils n'éprouvent pas de tension sensible. Dès qu'on les tend un peu, l'intensité du son s'affaiblit, et elle devient à peu près nulle quand ils sont fortement tendus. C'est précisément l'inverse pour le plomb, le zinc et l'étain.

» La longueur du fil n'a aucune influence sur le ton du son; elle influe sur son intensité en ce sens que, moins le courant est fort, moins il faut donner de longueur au fil pour que le son soit sensible, du moins quand il s'agit du son qui résulte de la transmission, à travers le fil, du courant électrique.

» Le son que produisent les divers métaux quand ils transmettent un courant électrique discontinu, paraît être dû à des déplacements moléculaires périodiques qui déterminent comme une espèce de frottement des particules les unes contre les autres. Il faut, pour donner naissance à ces vibrations qui sont, au reste, aussi visibles à l'œil que sensibles au toucher, des courants électriques d'une grande intensité; mais il n'est pas nécessaire qu'ils proviennent de piles à haute tension. Cinq éléments de grande dimension d'une pile de Grove m'ont suffi dans la plupart des cas. Les métaux les moins bons conducteurs sont ceux qui m'ont paru donner les effets les plus prononcés. Ainsi, après le *fer*, qui les surpasse tous de beaucoup, vient le *platine*.

» Il faut, pour que l'effet soit prononcé, que le courant rencontre plus de résistance dans le conducteur métallique qu'il doit mettre en vibration que dans tout le reste du circuit, y compris la pile. On voit par là que, de tous les effets du courant, ceux avec lesquels les phénomènes que je viens de décrire ont le plus de rapport, sont les effets calorifiques. Ne se pourrait-il pas que le phénomène général que produit le passage du courant électrique dans tous les corps conducteurs fût un mouvement vibratoire, et que ces vibrations moléculaires donnassent naissance elles-mêmes, suivant les circonstances, à la chaleur, aux décompositions chimiques et aux effets physiologiques?

» J'ai déjà signalé, il y a plusieurs années, un phénomène qui est intimement lié à la production des vibrations par le courant électrique; c'est la désagrégation et le transport des particules qui s'opèrent dans des pointes de charbon ou de métal entre lesquelles passe le courant électrique qui produit un arc lumineux. Il y a deux ans que j'eus l'honneur d'entretenir l'Académie des effets vibratoires qu'on observe dans ce cas, et de montrer à quelques-uns de ses membres, notamment à M. Regnault, l'expérience dans laquelle on perçoit le son qui résulte de ces vibrations. Je tiens encore à

remarquer que le fait signalé par M. Peltier, et que j'ai eu aussi occasion d'observer, savoir que les fils métalliques qui ont servi souvent à transmettre des courants électriques deviennent cassants et friables, trouve son explication dans l'existence des mouvements vibratoires que détermine dans ces fils la transmission du courant.

» Un genre de vibration assez remarquable est celui qu'on obtient en faisant passer le courant discontinu à travers le fil de cuivre recouvert de soie qui est tourné en hélice autour d'une bobine ou d'un bocal en verre. Le son, dans ce cas, est d'un timbre beaucoup plus doux et moins métallique, et en même temps beaucoup plus grave que celui qui est produit par l'influence du courant sur un fil de même diamètre placé dans l'intérieur de l'hélice.

» Le mouvement vibratoire qui résulte de l'aimantation et de la désaimantation successives du fer doux peut se manifester sous des formes très-variées. Je citerai comme l'un des cas les plus curieux, celui où l'on place dans l'intérieur d'une bobine ou d'un bocal entouré du fil métallique roulé en hélice, des très-petites rondelles en tôle très-minces ou de la limaille très-fine de fer. Quand le courant discontinu traverse le fil de l'hélice, on voit les rondelles s'agiter et tournoyer les unes autour des autres de la manière la plus remarquable; la limaille semble parfaitement être en ébullition; si le courant est intense, elle s'élance sous forme de jets de 3 ou 4 centimètres de hauteur, comme autant de petits jets d'eau. Ce mouvement de la limaille est accompagné d'un bruit semblable à celui d'un liquide qui bout.

» J'ai consigné dans mon Mémoire plusieurs autres faits relatifs à l'aimantation du fer doux qui me semblent difficiles à concilier avec les idées reçues, dont je vous épargne l'exposition. Je me borne à vous en signaler un seul, c'est qu'une rondelle très-mince de tôle n'est pas attirée, même à une distance de moins de 1 *millimètre*, par l'arc quelconque des pôles d'un fort électro-aimant de fer doux, pourvu toutefois que le diamètre de l'électro-aimant soit sensiblement plus grand que celui de la rondelle, et que celle-ci soit placée de façon que son centre soit sur la direction de l'axe de l'électro-aimant.

» Je ne terminerai pas cette description de quelques-unes des expériences que j'ai eu l'occasion de faire sur la liaison qui existe entre les déplacements relatifs des particules des corps et les effets de l'électricité et du magnétisme, sans rappeler que tous ces phénomènes tiennent à cette branche importante de la science à laquelle ont donné naissance les observations remarquables que vous fîtes il y a vingt ans, sur l'influence du mouvement dans les actions magnétiques. La découverte du magnétisme, développé dans tous les corps par rotation, dont vous avez enrichi la physique, a ouvert un champ tout

nouveau où il y a encore beaucoup à exploiter; j'espère pouvoir continuer à m'occuper de ce sujet, et je serais bien heureux si je réussissais à éclaircir quelques-uns des points obscurs que présente ce genre de recherches.

Sur l'ozone.

» *P. S.* Je profite de l'occasion qui me fait vous écrire pour ajouter un fait que nous venons d'observer, M. Marignac et moi, en addition à ceux qu'il a fait connaître récemment à l'Académie par l'intermédiaire de M. Dumas. Il s'agit de ce principe que M. Schoenbein a décrit sous le nom d'*ozone*, et qu'il croyait être un élément de l'azote. M. Marignac a fait voir qu'on peut produire de l'ozone sans azote, et il est arrivé à reconnaître que ce ne peut être ou qu'une combinaison particulière d'oxygène et d'hydrogène, ou que de l'oxygène dans un certain état. Cette dernière opinion, pour laquelle je penchais depuis longtemps, a été confirmée par l'expérience suivante que nous avons faite ensemble. Nous avons fait passer à travers un tube un courant d'oxygène parfaitement pur et parfaitement desséché; puis, au moyen de deux pointes de platine, nous avons transmis, à travers cet oxygène, une succession d'étincelles électriques provenant d'une machine ordinaire. L'oxygène a aussitôt manifesté les propriétés de l'ozone, c'est-à-dire qu'il a acquis cette odeur pénétrante et nauséabonde qui la caractérise, qu'il a bleui fortement l'iodure de potassium, etc. Ainsi, pour ne nous en tenir qu'aux résultats mêmes de l'expérience, l'ozone ne provient que de l'oxygène, et pour en avoir la manifestation, le moyen le plus simple et le plus direct, c'est de faire passer à travers l'oxygène une succession d'étincelles électriques. »

CHIMIE. — *Recherches sur le mercure et sur quelques-unes de ses combinaisons; par* M. **Millon**. (Extrait.)

« Malgré toutes les raisons qu'on a de penser que les composés mercuriels sont bien définis et bien appréciés dans leurs réactions, on prend très-vite dans le laboratoire un sentiment contraire. Les faits embarrassent, en pratique, et laissent du doute au milieu des circonstances les plus simples.

» J'ai cherché à produire, dans ce travail, quelques notions plus exactes et à porter une certaine correction dans les faits les plus élémentaires. Je m'estime heureux d'avoir inspiré à MM. Lefort et Roucher le désir d'étendre à plusieurs parties de l'histoire des composés mercuriels l'entreprise que j'indique ici. J'ai pu m'éclairer et m'aider des résultats qu'ils obtenaient près de moi, et cette assistance a eu plusieurs fois le caractère d'une vraie collaboration.

Distillation du mercure.

» Lorsqu'on distille le mercure, après l'avoir agité avec une petite quantité d'acide nitrique propre à dissoudre les métaux facilement oxydables, on reconnaît que la distillation se fait avec plus de lenteur au moment où l'on volatilise les dernières portions du métal. Si l'on recueille alors séparément le mercure qui a distillé au commencement et celui qui a distillé à la fin, on constate sans peine dans ces deux portions une inégale volatilité.

» J'ai mis à part le premier et le dernier kilogramme distillés d'une masse de 50 kilogrammes de mercure; chacun de ces deux kilos a été redistillé, puis soumis à l'épreuve que je vais décrire.

» J'ai fait choix de quatre petites cornues sensiblement pareilles qui pouvaient contenir 100 grammes de mercure de manière à en être à demi remplies. Ces quatre cornues chargées de 100 grammes de mercure ont été plongées dans un même bain d'alliage en fusion. La chaleur du bain a ensuite été élevée jusqu'à ce que le mercure des cornues fût en ébullition. Le métal distillé se condensait dans le col, était recueilli, puis pesé. Les quatre cornues ne débitaient pas autant l'une que l'autre, mais en mettant de côté celles qui s'écartaient le plus, il a été facile d'en conserver deux qui, soumises à l'épreuve précédente, fournissaient une quantité de mercure sensiblement égale. Ainsi, dans trois opérations suivies parallèlement avec ces deux cornues que je désignerai par les lettres A et B, j'ai obtenu de 100 grammes de mercure :

		Mercure distillé dans le même temps.
Première opération.	Cornue A, mercure distillé.	48^{gr},5
	Cornue B, mercure distillé.	47^{gr},5
Deuxième opération.	Cornue A, mercure distillé.	69^{gr},0
	Cornue B, mercure distillé.	63^{gr},0
Troisième opération.	Cornue A, mercure distillé.	66^{gr},0
	Cornue B, mercure distillé.	64^{gr},0

» Il est à remarquer que, dans ces trois expériences, la cornue A a toujours débité un peu plus que la cornue B. C'est une circonstance dont j'ai tenu compte dans les expériences suivantes.

» Voici maintenant les différences constatées en soumettant, comparativement à l'épreuve du bain d'alliage, du mercure qui provenait du premier et du dernier kilogramme retirés de la distillation des 50 kilogrammes de mercure.

» La cornue A, qui débite le plus, a reçu le mercure retiré à la fin de la distillation : la cornue B a reçu le mercure retiré au commencement.

		Mercure distillé dans le même temps.
Première opération.	Cornue A, contenant 100 grammes.. . .	19gr,0
	Cornue B, contenant 100 grammes.. . .	49gr,0
Deuxième opération.	Cornue A, contenant 100 grammes.. . .	15gr,7
	Cornue B, contenant 100 grammes.. . .	41gr,5

» Il faut avoir soin, dans ces distillations comparatives, de modérer la température du bain d'alliage, dès que le mercure commence à tapisser le dôme de la cornue.

» Du mercure affecté d'une manière aussi marquée dans son mode de distillation devait offrir quelque différence dans son degré de pureté; mais j'ai vainement cherché à constater cette différence par les réactifs. Le mercure du premier et celui du dernier kilogramme se sont comportés de la même façon dans tous les essais que j'ai tentés.

» J'ai songé alors à rechercher si l'addition de métaux étrangers, en quantité assez petite pour échapper à l'analyse, ne pourrait pas changer la volatilisation du mercure.

» L'expérience m'a fourni des résultats très-dignes d'intérêt : il suffit, en effet, d'un millième ou même d'un dix-millième de métal étranger pour que le mercure, soumis à la distillation parallèle des deux cornues, présente les différences les plus caractéristiques.

» Un dix-millième de plomb ajouté au mercure arrête presque entièrement sa distillation.

» Dans ces expériences comparatives, j'ai toujours eu soin d'introduire dans la cornue A, légèrement accélératrice, le mercure qui distillait plus difficilement.

» Je consigne ici les nombres fournis après l'addition du plomb :

	Sur 100 grammes de mercure.	Mercure distillé dans le même temps.
Première opération.	Cornue A, mercure additionné de $\frac{1}{10000}$ de plomb.	5gr,0
	Cornue B, même mercure, sans plomb.	67gr,0
Deuxième opération.	Cornue A, mercure additionné de $\frac{1}{10000}$ de plomb.	2gr,2
	Cornue B, même mercure, sans plomb.	55gr,0

» Le zinc a été substitué au plomb, toujours dans la proportion d'un dix-millième. L'influence s'est exercée dans le même sens.

		Mercure distillé dans le même temps.
Première opération.	Cornue A, 100 gr. de merc. addit. de $\frac{1}{10000}$ de zinc.	$6^{gr},5$
	Cornue B, même mercure, sans zinc.	$57^{gr},0$
Deuxième opération.	Cornue A, 100 gr. de merc. addit. de $\frac{1}{10000}$ de zinc.	$2^{gr},5$
	Cornue B, même mercure, sans zinc.	$37^{gr},5$

» L'addition d'un millième et d'un dix-millième d'or n'a rien changé au mode de distillation.

» Le platine a exercé une action inverse de celle du plomb et du zinc : il accélère la distillation, mais moins que le zinc et le plomb ne la retardent. On en peut juger par deux expériences :

		Mercure distillé dans le même temps.
Première opération.	Cornue B, 100 gr. de merc. avec $\frac{1}{10000}$ de platine. .	$89^{gr},5$
	Cornue A, 100 gr. du même mercure, sans platine.	$70^{gr},0$
Deuxième opération.	Cornue B, 100 gr. de merc. avec $\frac{1}{10000}$ de platine. .	$86^{gr},0$
	Cornue A, 100 gr. du même mercure, sans platine.	$70^{gr},0$

» Pour obtenir cette accélération, il faut avoir soin de faire digérer le platine avec le mercure, durant un jour ou deux, à une température de + 50 à + 80 degrés. Sans cette précaution, le platine n'apporte pas un changement notable à la distillation. Lorsque le mercure a reçu cette petite quantité de platine, il se modifie dans quelques-unes de ses propriétés. Il se soulève en bulles dans le verre où on l'agite, à peu près comme ferait une eau très-légèrement albumineuse. Il adhère si fortement au verre par la chaleur, qu'il l'étame au moins aussi bien que les alliages de bismuth indiqués pour cet objet; mais cet étamage se détruit peu à peu par le refroidissement. Enfin ce mercure platinisé ne forme plus une surface convexe dans les flacons où on le conserve; et si on le recouvre d'eau, la couche d'eau inférieure et la couche de mercure supérieure se touchent par une surface plane.

» Ainsi des quantités extrêmement petites exercent sur certaines qualités du mercure des influences qui rappellent celle du graphite sur le fer, dans l'acier. Cette influence des petites quantités métalliques sur des masses métalliques ne se bornera sans doute pas au mercure. C'est un fait dont les industries doivent prendre note, ce me semble; et l'importance du mercure pour la confection du baromètre exige déjà qu'on prenne en considération les faits que je signale.

Dosage du mercure.

» Les nombreux essais que j'ai tentés pour le dosage du mercure m'ont éloigné des différentes méthodes dans lesquelles ce métal se dose par la voie humide. Qu'il soit réduit, qu'il soit dosé à l'état de sulfure ou de protochlorure, on trouve dans l'exécution de ces procédés des inconvénients qu'il serait trop long de discuter dans un extrait.

» M. Etteling et M. Bunsen ont eu recours à une méthode particulière qui repose sur une véritable réduction du mercure par la voie sèche. Cette même méthode fait la base des moyens que MM. Erdmann et Marchand ont adoptés en cherchant à déterminer de nouveau l'équivalent du mercure. C'est aussi à cette méthode que je me suis arrêté, après en avoir constaté la précision.

» Je me suis attaché seulement à la rendre aussi facile et expéditive que possible, sans lui rien ôter de sa sûreté.

» La modification la plus importante consiste à réduire le composé mercuriel dans un courant d'hydrogène.

» L'hydrogène est un des gaz dont le dégagement se fait avec le plus de régularité; il facilite singulièrement la destruction de tous les composés mercuriels, et son courant continu provoque l'expulsion de l'eau qui accompagne la réduction des composés mercuriels, en même temps qu'il aide à la condensation du mercure dans le renflement du tube où il doit être recueilli et pesé.

» L'hydrogène doit être desséché, afin de favoriser l'entraînement de l'eau; le gaz sec passe ensuite dans un tube de verre rempli de grenaille de cuivre et chauffé au rouge. Ce moyen a été le plus efficace pour conserver au mercure, retiré de l'analyse, tout son brillant métallique. C'est, dans tous les cas, un moyen commode de purifier l'hydrogène.

» Au sortir du tube de cuivre, l'hydrogène pénètre dans le tube contenant le produit mercuriel.

» Ce tube doit être long de 35 à 40 centimètres et du calibre ordinaire des tubes à analyse organique. A une petite distance de son extrémité libre, ce tube a dû être étiré, puis effilé tout à fait à sa pointe, qui se relève en se courbant; il présente ainsi une longueur de 8 à 10 centimètres comprise entre deux étranglements.

» Pour effectuer l'analyse, la partie étranglée du tube est séparée de la longue portion par un peu d'amiante : on fait tomber sur cette amiante une colonne de chaux anhydre, réduite en petits fragments dans l'étendue de 15 à 20 centimètres. On introduit ensuite le composé mercuriel, dont la quan-

tité peut varier de 1 gramme à 4 grammes; puis on achève de remplir le tube avec de la chaux semblable à la première. Dans l'analyse des nitrates de mercure, il faut remplacer la chaux par du cuivre métallique.

» Le tube est alors couché sur une grille à analyse organique; il reçoit le courant d'hydrogène par son extrémité non effilée, et l'on procède à l'application de la chaleur, comme s'il s'agissait d'une substance organique. Les charbons ardents sont insensiblement rapprochés du sel de mercure, et lorsqu'ils sont à son voisinage, on en porte quelques-uns en arrière. On contribue ainsi à éviter la rétrocession du métal.

» L'eau se montre la première dans la partie étranglée du tube qui est restée vide. On la chasse en chauffant légèrement, puis on laisse refroidir le verre; le mercure ne tarde pas à se montrer à son tour et se condense sans aucune difficulté. On sépare, à la fin de l'expérience, la partie étranglée du tube qui contient le mercure, en mouillant légèrement le verre échauffé. On pèse cette partie du tube avec le mercure qu'elle contient; on fait tomber ensuite le métal qu'on achève d'enlever avec un peu d'acide nitrique. On lave, on dessèche, et l'on pèse de nouveau. La différence de ces deux pesées donne le poids du mercure.

» Dans des expériences faites à blanc, 3 et 4 grammes de mercure métallique ont pu être chassés d'une extrémité du tube à l'autre, et se sont retrouvés dans la portion étranglée du tube, sans la moindre perte.

» Quant aux analyses, elles exigent tout au plus le temps d'une combustion organique, et les résultats qu'elles fournissent offrent une concordance remarquable.

» Cette précision m'a engagé à tenter quelques expériences pour la détermination de l'équivalent du mercure.

» Je suis parti du bichlorure de mercure. Ce sel avait été dissous dans l'éther, desséché, puis volatilisé dans un ballon bien sec. Les cristaux disposés en longues aiguilles étaient solubles sans résidu dans l'alcool et dans l'éther.

Première analyse.

Sel employé.	Mercure obtenu.	En centièmes.
1,217	0,899	73,87

Deuxième analyse.

Sel employé.	Mercure obtenu.	En centièmes.
2,5785	1,9035	73,82

» En calculant l'équivalent du mercure sur celui du chlore exprimé par

442,64, on obtient pour l'équivalent du mercure :

Première expérience........	1251,02
Deuxième expérience........	1248,24

Ces deux nombres sont très-rapprochés de ceux qui ont été obtenus par MM. Erdmann et Marchand; ces chimistes ont trouvé 1250,9 pour l'équivalent du mercure, nombre très-différent de 1265,92 adopté jusqu'ici.

» Les différentes formules que j'ai établies dans le courant de ce travail ont été calculées avec 1250,9.

Bioxyde et oxydochlorures de mercure.

» Le bioxyde de mercure se présente avec deux aspects différents.

» Il est jaune lorsqu'on l'obtient en mélangeant une solution de bichlorure de mercure à une lessive de soude ou de potasse. Peu importe que les deux dissolutions se mélangent à chaud ou à froid, pourvu que la liqueur alcaline soit en excès.

» Le bioxyde est rouge lorsqu'on l'obtient en calcinant un nitrate de mercure; mais il est encore rouge lorsqu'il se sépare d'une solution d'acétate de bioxyde que l'on chauffe, ou bien lorsqu'on traite certains oxydochlorures que je ferai connaître plus loin, par les alcalis caustiques ou par les carbonates alcalins en solution concentrée. Bien que, dans ces deux dernières circonstances, l'oxyde de mercure se sépare par la voie humide, il est d'une teinte rouge au moins aussi foncée que s'il provenait de la calcination des nitrates.

» Quelle que soit d'ailleurs la couleur ou le mode de préparation du bioxyde de mercure, il est anhydre. M. Schauffner a récemment indiqué un hydrate de bioxyde qui contiendrait jusqu'à 3 équivalents d'eau : il m'a été impossible de le reproduire tout en suivant les indications que fournit l'auteur de cette découverte. Je n'ai d'ailleurs jamais rien rencontré, malgré des préparations nombreuses et variées, qui pût me faire soupçonner une combinaison d'eau et de bioxyde de mercure.

» Mais l'oxyde jaune ne diffère-t-il de l'oxyde rouge que par une moindre cohésion; ou bien ces deux oxydes d'une cohésion différente doivent-ils encore être distingués par leur mode d'affinité? C'est un point sujet à discussion : M. Gay-Lussac affirme l'identité chimique, et M. Pelouze la conteste.

» Dans une comparaison très-étendue des deux oxydes, j'ai vu reparaître incessamment des différences sensibles entre l'oxyde jaune et le rouge. Quant

à ce dernier, il s'est toujours comporté de même, qu'il fût obtenu par la voie sèche ou par la voie humide.

» Deux réactions directes m'ont semblé surtout établir une séparation marquée. La première a été fournie par l'acide oxalique; cet acide, en solution aqueuse, attaque presque instantanément à froid l'oxyde jaune qu'il blanchit et convertit en oxalate de bioxyde tout à fait blanc. L'oxyde rouge résiste au contraire; il peut bouillir dans la même solution d'acide oxalique qui attaque si promptement l'oxyde jaune, et sa couleur s'altère à peine.

» La seconde différence se constate à l'aide d'une solution alcoolique de bichlorure de mercure. L'oxyde jaune se convertit en oxydochlorure noir dès qu'on le chauffe dans cette dissolution. L'oxyde rouge ne change pas d'aspect.

» Une ébullition très-prolongée peut, il est vrai, convertir peu à peu l'oxyde rouge en oxalate blanc, ou en oxydochlorure noir. Mais n'est-ce point alors le cas d'une transformation isomérique?

» Si les deux oxydes envisagés en eux-mêmes laissent encore un doute, l'étude des oxydochlorures le dissipe entièrement.

» Je suis forcé de retrancher ici le détail d'expériences nombreuses qui m'ont fait passer en revue les différentes circonstances dans lesquelles se produisent ces oxydochlorures. Les chimistes qui ont eu lieu de suivre leur formation savent quelle variété d'aspect s'observe dans ces combinaisons. Les circonstances qui leur donnent naissance ne sont pas moins variées. Les carbonates alcalins et les bicarbonates, les chlorures d'oxyde et les hypochlorites, les solutions de soude, de potasse, de chaux, de baryte et de strontiane peuvent également déterminer la précipitation de ces oxydochlorures.

» En employant une solution de bicarbonate, on est loin d'observer dans l'oxydochlorure la même couleur et souvent la même composition, que si l'on faisait usage d'une solution de carbonate neutre.

» La concentration des liqueurs, leur température, les proportions réagissantes et le temps durant lequel leur action s'exerce, apportent des différences très-marquées dans la nature des produits. Il se peut même, ainsi que j'ai déjà eu lieu de le signaler, que deux solutions semblables, l'une de bichlorure de mercure, l'autre de bicarbonate, employées dans les mêmes proportions, engendrent des oxydochlorures très-distincts. Il suffit d'ajouter, d'un côté, certain oxydochlorure noir de constitution particulière.

» C'est d'abord par la couleur que ces différences se traduisent : ces oxydochlorures, généralement colorés, offrent les couleurs rouges les plus vives,

et quelquefois, au contraire, les plus ternes : le pourpre, le violet, le brun, le noir foncé, l'éclat brillant de l'or mussif, le jaune ocreux ; l'état amorphe ou cristallin, l'aspect mat ou chatoyant, se montrent tour à tour.

» Malgré cette multiplicité de couleurs et de formes, l'analyse chimique ne constate jamais que deux compositions différentes.

» La première s'exprime par

$$HgCl, 2HgO;$$

c'est un oxydochlorure bibasique.

» La seconde se représente par

$$HgCl, 3HgO;$$

c'est un oxydochlorure tribasique.

» Mais, lorsqu'on traite ces oxydochlorures par une lessive alcaline, on arrive à se rendre compte des variétés presque infinies qui viennent d'être signalées. Dans certains cas, en effet, on retire de l'oxydochlorure un oxyde jaune caractérisé par sa couleur, et surtout par les deux réactions qui ont été indiquées plus haut. Dans d'autres cas, la liqueur alcaline dégage de l'oxydochlorure un oxyde rouge, inattaqué par l'acide oxalique et par la solution alcoolique de bichlorure.

» Quelquefois aussi on retire de ces oxydochlorures de véritables oxydes intermédiaires qui participent des propriétés de l'oxyde rouge et de l'oxyde jaune. De sorte qu'il existe une combinaison de 2 équivalents d'oxyde rouge avec 1 équivalent de bichlorure; puis une autre combinaison de 2 équivalents d'oxyde jaune avec 1 équivalent de bichlorure. La première de ces combinaisons est d'un noir de jais; la seconde, d'une couleur jaune orangée. Ces deux combinaisons extrêmes sont isomères; et, de plus, entre elles se placent d'autres composés isomériques, rouges, violets, ocreux; en un mot, excessivement variés dans leur nuance, sans que celle-ci puisse s'expliquer par un mélange du jaune et du noir, sans que le microscope permette d'y reconnaître plusieurs formes confondues ensemble.

» Parallèlement à la série de l'oxydochlorure bibasique, existe une autre série moins étendue, mais encore très-variée, appartenant à l'oxydochlorure tribasique.

» Si je ne me trompe, c'est jusqu'ici le seul exemple d'une isomérie minérale aussi parfaite. Elle se déclare, en outre, avec une fécondité qui ne le cède en rien à l'isomérie organique. »

CHIMIE. — *Mémoire sur les protosels de mercure, et sur les produits ammoniacaux qui en résultent; par* M. **Jules Lefort**. (Extrait.)

« Ce travail comprend l'étude de plusieurs protosels de mercure.

» Je me suis attaché surtout à l'examen des composés qui ont trouvé une application pharmaceutique; mais, comme l'étude comparée de différents sels d'une même série métallique éclaire souvent la constitution de chacun d'eux, j'ai compris dans ce Mémoire quelques sels qui n'ont reçu jusqu'ici aucune application : ainsi, à côté des nitrates formés par le protoxyde de mercure et des produits qui résultent de l'action de l'ammoniaque sur les sels de la même base, j'ai placé un examen nouveau du carbonate, du nitrite, de l'oxalate, de l'iodate et de l'acétate.

» J'ai dosé, autant que possible, le plus grand nombre des éléments contenus dans ces différents sels. J'ai eu recours, pour la détermination du mercure, à la méthode analytique que M. Millon a fait connaître; j'ai dû y introduire, suivant chaque espèce saline, quelques modifications légères.

» Les formules qui représentent ces différents sels ont été calculées avec le nouvel équivalent du mercure, 1250,9, donné par MM. Erdmann et Marchand.

» La détermination de l'azote était surtout indispensable pour fixer les formules qui expriment la composition des nitrates. Je me suis très-bien trouvé pour cette détermination de l'appareil qu'emploient MM. Millon et Reiset.

» Comme la détermination de l'eau, en même temps que celle de l'azote et du mercure, était le seul moyen de lever quelques doutes qui me restaient sur la formule des nitrates de mercure, je me suis attaché à en faire le dosage exact.

» Je n'ai pu réussir à séparer l'eau du mercure, mais je suis très-bien parvenu à condenser simultanément le mercure et l'eau; comme la proportion du mercure m'était très-exactement connue, j'ai obtenu le poids de l'eau en retranchant le poids du mercure.

» L'appareil appliqué au dosage du mercure reçoit un courant de gaz acide carbonique pur et sec; puis à l'extrémité de cet appareil, on adapte un tube de chlorure de calcium pesé.

» Le mercure et l'eau qui proviennent de la décomposition du nitrate se rendent soit dans le renflement destiné à condenser le mercure, soit dans le tube à chlorure de calcium.

» Dans plusieurs cas, j'ai eu lieu de me demander si les composés de protoxyde de mercure étaient de véritables combinaisons ou de simples mélanges; la question est d'une extrême délicatesse, je n'oserais pas affirmer que je l'ai entièrement résolue. J'ai reconnu, néanmoins, qu'en frottant quelques instants les produits obtenus par le protoxyde de mercure sur une lame d'or, celle-ci blanchissait avec les uns et restait intacte avec les autres. Lorsque la lame d'or blanchissait, je ne tardais pas à reconnaître, par l'emploi des moyens usités, la présence du mercure métallique et celle des sels de bioxyde. Il m'a semblé que ce réactif portait moins atteinte que les autres à la constitution des composés mercuriels.

» Je n'entrerai pas dans les détails d'analyse et de préparation qui m'ont servi à obtenir les protosels de mercure que j'ai nommés plus haut. Je me bornerai à dire que j'ai dû presque toujours m'écarter des préparations indiquées, et que tous ces sels sont anhydres et monobasiques.

» Les nitrates seuls m'ont offert une exception très-remarquable. Je n'entrerai pas ici dans les détails de préparation que j'ai consignés très-longuement dans mon Mémoire; je me borne à exprimer ici la formule de ces nitrates.

» Ces différents sels peuvent être rattachés à un groupement tout à la fois polyatomique et hydrique $(Hg^2O)^2, HO$. Ce groupement subirait en même temps, dans son union avec l'acide nitrique, les règles des bases polyatomiques et des bases hydriques.

Nitrate biatomique neutre.......	$AzO^5, HO, (Hg^2O)^2, HO$;
Nitrate biatomique acide........	$AzO^5, (Hg^2O)^2, HO + AzO^5, 4HO, \frac{HO}{2}$;
Le même sel déshydraté.........	$AzO^5, (Hg^2O)^2, + AzO^5, HO$;
Nitrate intermédiaire...........	$3AzO^5, (Hg^2O)^2, HO + AzO^5, HO$.

Ce nitrate intermédiaire représente une combinaison de nitrate neutre et de nitrate acide.

» Dans ces combinaisons successives, on remarque constamment une élimination d'eau, ainsi que cela s'observe d'ailleurs dans toutes les combinaisons salines.

Action des alcalis et de l'ammoniaque caustique sur les protosels de mercure.

» M. Guibourt est le premier qui ait annoncé que le protonitrate et le protochlorure de mercure en présence de la potasse ou de la soude caustique, donnaient un mélange de mercure métallique et de bioxyde de mercure, au lieu de protoxyde de ce métal, comme on le pensait.

» On est revenu sur cette réaction des alcalis, à plusieurs reprises, et avec des conclusions diverses.

» Je me suis placé dans les conditions les plus propres à fournir le protoxyde de mercure, et j'ai successivement agi sur une très-grande variété de sels : carbonate, oxalate, iodate, acétate, etc.; le produit que j'obtenais a toujours blanchi une lame d'or, et s'est toujours comporté comme un mélange de bioxyde et de mercure métallique.

» L'ammoniaque a paru jusqu'ici exercer une action très-distincte de celle des alcalis, et des travaux assez récents ont assigné des formules particulières aux composés qui résultent de l'action de l'ammoniaque caustique sur le protosulfate, le protochlorure et le protonitrate de mercure.

» Les expériences et les analyses que j'ai faites, me portent à croire que l'ammoniaque ne diffère de la potasse et de la soude que par l'action propre qu'elle exerce sur les bisels de mercure. Toutes les fois que l'ammoniaque caustique, affaiblie ou concentrée, agit sur un sel mercuriel de protoxyde, on retrouve dans le produit noir ou grisâtre qui se forme, la propriété de blanchir une lame d'or; on y constate, en outre, tous les caractères qui appartiennent aux bisels de mercure ammoniacaux qui peuvent se former en vertu de la réaction propre de l'ammoniaque sur les bisels de mercure.

» Le protochlorure de mercure donne seul, avec l'ammoniaque caustique, un mélange toujours composé de même; mais cette constance de composition s'explique très-bien par l'insolubilité complète du précipité blanc, insolubilité qui égale pour ainsi dire celle du mercure métallique.

» Avec tous les autres sels, la proportion de mercure s'accroît en raison de la solubilité du bisel ammoniacal, soit dans l'eau, soit dans l'ammoniaque caustique.

» Ainsi, en faisant agir l'ammoniaque en excès dans un grand état de concentration sur le précipité que forme le protosulfate de mercure, on obtient, comme résidu, du mercure coulant.

» Avec le protonitrate de mercure, l'ammoniaque fournit un mélange dont les proportions varient avec une extrême facilité. Comme les produits qui résultent de cette réaction ont trouvé un emploi assez fréquent en médecine sous le nom de *mercure soluble d'Hannemann*, j'ai établi par l'analyse les variations que peut présenter la composition de ce produit, pour peu qu'on modifie les circonstances de sa préparation.

» Il suffit, comme on va le voir, d'opérer à 0 degré ou à 25 degrés et de laver plus ou moins, pour obtenir dans le mélange des proportions de mer-

cure très-différentes, bien qu'on se tienne, sauf ces variations légères de lavage ou de température, dans les conditions prescrites par les formulaires.

Analyse du mercure soluble d'Hannemann.

Préparé à 0 degré, et lavé 8 fois.	Préparé à 0 degré, et lavé 16 fois.	Préparé à 25 degrés, et lavé 8 fois.	Préparé à 25 degrés, et lavé 16 fois.
Mercure p. 100, 83,42	Mercure p. 100, 89,47	Mercure p. 100, 84,94	Mercure p. 100, 91,11

Étude cristallographique des nitrates de protoxyde de mercure; par M. DESCLOIZEAUX.

Nitrate biatomique neutre.

« Prisme oblique non symétrique de 126 degrés, dans lequel la base fait avec une des faces latérales, un angle de 98 degrés et avec l'autre un angle de 133°10'.

» Les trois arêtes qui se réunissent à l'angle solide obtus sont entre elles à peu près comme les nombres

$$b : c : h : 47 :: 45 : 40.$$

Nitrate biatomique acide.

» Forme primitive, rhomboèdre obtus de 102° 50'. Cristaux offrant généralement le rhomboèdre basé, modifié sur les angles latéraux par un autre rhomboèdre, et sur les arêtes latérales par les faces du prisme hexagonal régulier.

Nitrate intermédiaire.

» Prisme rhomboïdal droit de 96° 8', dans lequel un côté de la base est à la hauteur dans le rapport des nombres

500 : 127.

» Cristaux généralement allongés suivant l'axe vertical, et aplatis parallèlement à la grande diagonale de la base. »

OROGRAPHIE. — *Nouvelle Note sur l'altitude de Biskra.* (Extrait d'une Lettre de M. H. **Fournel**, ingénieur en chef des Mines, à M. *Élie de Beaumont.*)

« Je vois, dans le *Compte rendu* de la séance du 31 mars 1845, que j'ai reçu hier, une hauteur de Biskra, donnée par M. Aimé, et qui diffère peu, non de celle qu'il donne pour moi, mais de celle que j'ai réellement donnée. Peu importe, vu la distance qui existe entre les termes de comparaison; mais il adopte 606 mètres pour la hauteur de Constantine au-dessus de la mer, et je crois ce chiffre erroné.

» Celui de 650 mètres, que j'avais adopté, et qui m'avait été fourni par le docteur Vital, ne m'avait pas été donné au hasard par lui. Ce chiffre résulte, je crois, d'un travail géodésique qui a été fait, dans cette province, par M. Boblaye; mais, avant de vous affirmer ce point, je veux en écrire au docteur Vital, et je ne puis guère avoir sa réponse avant quinze ou vingt jours.

» En attendant, il se trouve une réponse toute faite dans les résultats que je vous ai adressés, et qui ont été insérés dans le *Compte rendu* de la séance du 24 mars 1845; il ne reste qu'à la faire ressortir des chiffres publiés dans ce *Compte rendu*.

12 observations, faites à Bougie, donnent, pour la hauteur de Sétif au-dessus de la mer (page 881)	1093^{m},900
5 autres observations donnent (page 882)	1094^{m},635
	2188^{m},535
Hauteur de Sétif au-dessus de la mer	1094^{m},267

» Sétif et Bougie sont assez rapprochés pour que cette moyenne de 17 observations inspire quelque confiance.

» On lit encore, page 882 :

« 34 observations faites à Constantine, du 24 février au 28 mars 1844
» inclusivement, à midi, donnent, pour moyenne,

» 0^{m},70724 . . . . . 12°,5.

» Les observations faites, à Sétif, les mêmes jours et à la même heure,
» donnent, pour moyenne,

» 0^{m},66935 . . . . . 8°,8. »

En partant de ces éléments, on trouve que Sétif est au-dessus de Contantine à.	451m,495;	
mais Sétif est à.	1094m,267	au-dessus de la mer;
donc Constantine est à.	642m,772	au-dessus de la mer.

» J'ai beaucoup plus de confiance dans cette vérification que dans celle faite par M. Aimé : 1° parce que Constantine est moins loin de Sétif que de Bone; 2° parce que Sétif et Constantine sont dans des positions beaucoup plus semblables que Bone et Constantine, et que, par suite, la marche des instruments doit y être plus comparable.

» On peut maintenant discuter sur la hauteur de Sétif; pour moi, la discussion est close. Je continuerai le cours de mes observations, sûr que je suis du soin avec lequel elles sont faites. »

GÉOLOGIE. — *Extrait d'une Lettre de* M. **Ed. Collomb** *à* M. Élie de Beaumont.

L'auteur donne d'abord des détails sur une collection de *galets striés* qu'il a recueillis dans les dépôts erratiques de la vallée de Saint-Amarin. Cette collection est destinée à être mise sous les yeux des Commissaires chargés de rendre compte des travaux de M. Ed. Collomb, sur les traces que les phénomènes erratiques ont laissées dans cette partie des Vosges.

La Lettre contient en outre les observations suivantes, faites à l'occasion des neiges tombées dans les Vosges, en février 1845.

« Notre hiver, dit M. Collomb, a été remarquable par la prodigieuse quantité de neige qui s'est accumulée sur certains points; nos communications dans la montagne ont été interrompues pendant plusieurs semaines. Le plus grand froid que nous avons eu a été de 25 degrés centigrades au thermomètre minima, dans la nuit du 10 février. J'ai fait plusieurs ascensions sur nos montagnes pendant ces grandes neiges, c'est-à-dire quand elles ont été suffisamment tassées et gelées pour pouvoir porter. Il y a un fait qui m'a frappé, et qui a excité mon attention et celle des personnes qui étaient avec moi pendant une course au ballon d'Alsace, le 23 mars dernier; c'est la couleur particulièrement bleue de la neige partout où elle se trouvait en grande masse. Cet effet ne pouvait provenir du reflet du ciel, il était, ce jour-là, d'un ton gris et couvert. Ce n'était pas une illusion d'optique, puisque les gens du pays ont aussi remarqué cette teinte bleue comme étant particulière à la neige tombée tard cette année; ils affirment que l'hiver dernier elle était beaucoup

plus blanche. Cette couleur était facile à constater, en enfonçant un bâton de 60 à 90 centimètres dans la neige, et en lui imprimant un mouvement circulaire, de manière à former un entonnoir ; le fond apparaissait en bleu. Cette nuance était surtout prononcée sur les tranches de neige poudreuse; quand elle passe au névé gros grains, elle perd son bleu et devient blanc-grisâtre.

» Le sommet du Ballon de Guebwiller (1 431 mètres), qui est taillé en forme de dôme, était, ce jour-là, complétement dépourvu de neige, il était littéralement couvert d'une croûte de glace. Pour gravir au point culminant, quoique la pente ne soit pas très-forte, il fallait décrire une longue hélice autour du cône pour ne pas être entraîné. Cette glace est dure, compacte, elle prend les formes les plus bizarres en se moulant sur les différents accidents du terrain; elle est parfois imbriquée comme les tuiles d'un toit; son épaisseur varie depuis quelques centimètres jusqu'à 60 centimètres.

» Le sommet d'une autre montagne de nos environs, le Drumont (1 300 mètres), que j'ai visité quelques jours auparavant, était aussi dégagé de neige et couvert d'une calotte de glace. Ce fait était d'autant plus frappant que, pour arriver au sommet, il fallait marcher pendant trois heures sur une neige qui, dans certains endroits, avait atteint une épaisseur de 5 à 6 mètres.

» Sur d'autres points de notre vallée, nous avons eu des avalanches d'une assez forte puissance, avec tous les accessoires qui les distinguent; chose assez rare dans les Vosges. J'en ai visité une le 6 de ce mois, en compagnie de M. Dollfus le naturaliste. Cette avalanche est partie du col du Rothenbach, et s'est précipitée au fond de Wildenstein, entraînant dans sa chute une grande quantité d'arbres d'assez fort calibre, de blocs de granit, de cailloux, de sable et de boue. Du point où l'avalanche a commencé, jusqu'au talus terminal, la pente moyenne est de 25 à 30 degrés seulement, et la distance totale parcourue s'étend sur une ligne de 1 000 à 1 200 mètres. Elle a pris naissance sur un terrain en pente douce, couvert d'un gazon de montagne ras et lisse; des infiltrations d'eaux de sources d'une température un peu plus élevée que 0 degré, qui existent en cet endroit, ont sans doute déterminé la fonte de la couche inférieure de neige, et donné lieu par glissement au premier mouvement d'impulsion. A quelques centaines de mètres plus bas que le sol gazonné, commence une forêt dont le terrain a été complétement labouré, et la roche en place mise à nu. Elle est formée d'énormes dalles de granit à gros grains. La vitesse acquise par l'avalanche n'a pas dû être fort grande; on remarque sur le trajet parcouru que les arbres d'une essence élastique, tels que les salix, ont été pliés et courbés jusqu'à terre, sans être par trop déchirés, tandis que ceux d'un bois sec, tels que sapins et hêtres, ont été

cassés net, ce qui fait supposer que la pression s'est exercée d'une manière lente et graduelle.

» Sur les points où l'avalanche a accumulé la neige en grande masse et où le ruisseau a formé, par la fonte, des tranches assez nettes, nous avons pu étudier avec facilité les différentes stratifications de la neige, le passage de la neige en névé, et du névé en glace, tels que MM. Agassiz et Desor l'ont observé dans les hautes régions des Alpes. Sur une épaisseur de quelques mètres, les strates se succèdent dans l'ordre suivant :

» Petit névé ou neige poudreuse ;

» Névé gros grains ;

» Glace de névé ;

» Glace bulleuse ;

» Glace compacte reposant sur le sol.

» Pour que cette neige soit arrivée à cet état de stratification, il a fallu que depuis son tassement, plusieurs circonstances atmosphériques se trouvent réunies; entre autres, une chaleur modérée pendant le jour et des nuits froides, circonstances qui, en déterminant une fonte partielle, ont permis à la masse de s'imbiber d'eau et de se congeler ensuite.

» Sur les pentes où nous les avons observées, les masses de névé, imbibées d'eau, possédaient déjà un mouvement propre. Nous nous en sommes assurés par l'examen attentif des différents obstacles qui sont venus entraver la marche descendante du névé.

» La fonte du névé, déterminée par la chaleur rayonnante d'un tronc d'arbre, devrait former un cercle concentrique à l'arbre, comme cela se voit en plaine; mais, sur un plan incliné, le cercle produit ne demeure pas concentrique, il devient excentrique ; en amont, le mouvement imprimé au névé le fait arriver jusqu'au point de toucher le tronc ; la mousse et les lichens dont il est quelquefois couvert sont usés et frottés de ce côté, tandis que sur la face opposée du tronc, ces cryptogames ont conservé la délicatesse de leurs formes. Nous avons remarqué cette disposition de la fonte excentrique de la neige autour de plusieurs centaines d'arbres, elle est indépendante de l'orientation des plans; que le terrain soit exposé au nord ou au midi, elle n'en existe pas moins. »

ASTRONOMIE. — *Réponse à quelques observations nouvelles sur la découverte de la* variation, *ou troisième inégalité lunaire, par les astronomes arabes du* X^e^ *siècle; par* M. **Sédillot**.

La Note de M. Sédillot, dont le titre indique assez l'objet, est terminée par les conclusions suivantes :

« 1°. Hipparque détermine la première inégalité de la Lune (*équation de l'orbite ou du centre*), qu'il fait de 5 degrés dans les conjonctions et oppositions; il observe la Lune dans les quadratures et dans *les octants*, et signale de nouvelles anomalies dont il ne cherche pas à déduire la loi.

» 2°. Ptolémée complète les idées d'Hipparque pour les quadratures, et, bien moins préoccupé des principes physiques que de ses méthodes de calcul, il ne se sert des observations de son devancier *dans les octants*, que pour corriger son hypothèse de la seconde inégalité ou *évection*.

» 3°. Tycho-Brahé, vers l'an 1600, dégage des observations d'Hipparque et des siennes propres, la troisième inégalité, appelée *variation*, qu'il trouve de $\frac{2}{3}$ de degré environ.

» 4°. Les astronomes arabes du Xe siècle l'avaient précédé dans ce travail. Aboul-Wéfâ dit positivement qu'en observant la Lune *dans les octants*, et *en tenant compte des deux premières inégalités*, on en découvre une troisième qui est nulle dans les syzygies et les quadratures, qui a lieu quatre fois par mois, et dont le *maximum* s'élève, *dans les octants*, à la moitié et au quart d'un degré environ. Cette définition est identique à celle de Tycho-Brahé; elle ne peut s'appliquer qu'à *la variation*.

» 5°. Les mots *trine et sextile* désignent positivement *les octants* dans le passage que nous avons donné de l'auteur arabe, et Longomontan, collaborateur de Tycho-Brahé, employait encore ces expressions, en décrivant *la variation*, à la détermination de laquelle il avait contribué.

» 6°. Si l'on objecte qu'Aboul-Wéfâ, à l'exemple de Ptolemée, parle d'observations faites lorsque l'apogée de la Lune était *dans les octants*, on peut répondre qu'il s'appuyait sur des observations d'Hipparque, rapportées à ces positions, et dont il avait *lui-même* vérifié la valeur; que *la variation* était comprise dans ces observations, puisqu'elle existe indépendamment du mouvement de l'apogée lunaire; et qu'il est certain, d'ailleurs, que les astronomes de Bagdad avaient considéré la Lune dans tous les points de son orbite, et quel que fût le lieu de l'apogée.

» 7°. Nous n'avons jamais soutenu une opinion plus ou moins hasardée; c'est *un fait matériel* que nous avons énoncé, et contre lequel viendront se

briser toutes les suppositions, quelque savantes, quelque ingénieuses qu'elles soient. Aussi avons-nous la conviction profonde que si l'avenir met entre nos mains les Traités que les astronomes arabes ont écrits, ainsi que le constatent leurs catalogues, sur la théorie lunaire, il restera démontré, avec une entière évidence, que l'école de Bagdad avait reconnu l'existence de *la variation*, six cents ans avant Tycho-Brahé. »

M. le Sécretaire perpétuel s'étant borné à faire une analyse verbale de la Lettre de M. Sédillot, M. **Biot**, auquel il l'avait préalablement communiquée, a demandé la parole et s'est exprimé dans les termes suivants :

« Après ce qui a été écrit sur cette question, la persistance de M. Sédillot à prétendre que le texte d'Aboul-Wéfâ contient la *variation*, prouve uniquement, à mes yeux, qu'il a beaucoup compté sur l'inattention de l'Académie, ou sur l'indifférence des membres qui la composent. Les preuves mathématiques les plus évidentes de l'erreur où M. Sédillot est tombé, ont été publiées, et remises par moi entre les mains des membres des Sections de Géométrie, d'Astronomie et du Bureau des Longitudes. Je n'hésite pas à dire que l'honneur de l'Académie leur impose aujourd'hui le devoir de rompre le silence qu'ils ont gardé. De même qu'on reconnaît un cristal par sa composition, ses angles, et ses propriétés physiques, de même, et plus sûrement encore, on reconnaît le caractère d'une inégalité astronomique à son *argument*, c'est-à-dire à la nature des éléments qui la produisent par leur variabilité. Si les personnes dont je viens d'invoquer le témoignage croient, avec moi, que l'inégalité dont il s'agit n'est pas *la variation*, qu'elles le disent. Si elles pensent, contre mon opinion, que ce soit *la variation*, qu'elles le disent encore ouvertement, et qu'elles apportent les raisons mathématiques sur lesquelles leur sentiment se fonde. Je ne ferai aucune difficulté d'entrer en discussion avec elles; mais je ne puis pas accepter d'autres adversaires, quand ceux-là ne se présentent point.

» La prière que je leur adresse ici publiquement me paraît suffisamment justifiée par une réflexion qu'ils feront sans doute : il ne faut pas, pour l'honneur de l'Académie, qu'une erreur scientifique aussi considérable, et maintenant aussi facile à reconnaître, puisse lui être continuellement représentée, sans qu'une voix, au moins, s'élève dans son sein pour la combattre. »

ASTRONOMIE. — *Sur la comète périodique de* 1843; *par* M. **Le Verrier**. (Premier Mémoire.)

« La comète qui fait l'objet de cet écrit a été découverte par M. Faye, à

l'Observatoire de Paris, le 22 novembre 1843 (*Comptes rendus*, 1843, tome XVII, page 1248). Un petit nombre d'observations suffirent pour montrer que le nouvel astre avait un mouvement elliptique très-prononcé : le Dr Goldschmidt en donna les éléments approchés en se fondant sur les observations du 24 novembre, du 1er et du 9 décembre (*Astronomische Nachrichten*, n° 494, page 221). Ces éléments furent ensuite rectifiés par plusieurs astronomes, et par M. Goldschmidt lui-même, au moyen d'observations qui embrassaient une partie considérable de l'astre observé. Parmi les solutions données, je distinguerai, comme étant la plus exacte, celle que M. Nicolaï, astronome de Manheim, a publiée dans le n° 501 des *Astronomische Nachrichten*. En voici les éléments réduits au temps moyen de Paris. Les longitudes sont comptées à partir de l'équinoxe moyen du 1er janvier 1844 :

Temps moyen 1843, novembre..............		24j,5,
Moyen mouvement sidéral diurne......	n =	477″,272 15,
Anomalie moyenne...................	ζ =	5° 7′ 7″,93,
Angle de l'excentricité...............	φ =	33.47.52,1,
Longitude du périhélie................	π =	49.22.46,3,
Inclinaison à l'écliptique.............	i =	11.22.33,3,
Longitude du nœud ascendant.........	θ =	209.32. 7,5.

» Ces éléments satisfont parfaitement aux observations faites dans les mois de novembre et décembre 1843, et janvier 1844. Plus tard, les positions calculées sont empreintes d'une légère erreur qui s'élève en ascension droite à *trente* secondes sexagésimales environ à l'époque des dernières observations, c'est-à-dire en avril 1844. Il était nécessaire de faire disparaître cette discordance avant d'entreprendre aucune recherche sérieuse sur cette intéressante comète. C'est le but que je me suis proposé dans la première partie du travail que j'ai l'honneur de présenter aujourd'hui à l'Académie; la seconde partie a pour objet de déterminer les éléments futurs de l'astre à l'époque de son prochain retour au périhélie en 1851. Dans un autre Mémoire, je m'occuperai avec détail des révolutions antérieures.

» Pour déterminer les éléments de l'orbite en 1843, j'ai employé 129 observations faites à Altona, Berlin, Bonn, Cambridge, Genève, Gœttingue, Hambourg, Leyde, Paris, Pulkowa et Vienne, dans les mois de novembre et décembre 1843, janvier, février, mars et avril 1844. Adoptant pour éléments provisoires de l'orbite ceux que j'ai rapportés plus haut, j'ai calculé par leur moyen les positions géocentriques aux instants des observations. J'ai ajouté aux coordonnées obtenues l'effet des perturbations produites par

Vénus, la Terre, Mars, Jupiter et Saturne. Les excès des positions ainsi calculées, sur les positions observées, ont été considérés comme des erreurs théoriques qu'il fallait faire disparaître au moyen de corrections convenables δn, $\delta\zeta$, $\delta\varphi$, $\delta\pi$, δi et $\delta\theta$ apportées aux éléments provisoires. J'ai suivi, pour déterminer ces corrections, la méthode que j'ai exposée dans la séance du 14 avril 1845.

» Soient g, g', g'', b, b', b'' les longitudes et les latitudes géocentriques, telles qu'elles résultent du calcul précédent le 2,5 décembre 1843, le 9,5 janvier et le 16,5 février 1844. Ces coordonnées réclament des corrections que je désignerai par δg, $\delta g'$, $\delta g''$, δb, $\delta b'$ et $\delta b''$, et qu'il s'agit de déterminer par l'ensemble des observations. J'ai obtenu entre ces inconnues une suite d'équations qui, en leur appliquant la méthode des moindres carrés, se sont réduites à six. Ces dernières m'ont donné :

$$\begin{aligned}
\delta g &= -\ 4'',1546 - 0,42934\,\varepsilon,\\
\delta g' &= -\ 0,1422 + 1,00000\,\varepsilon,\\
\delta g'' &= -\ 1,8336 + 0,15764\,\varepsilon,\\
\delta b &= +\ 2,9903 - 0,41549\,\varepsilon,\\
\delta b' &= -\ 3,3777 + 0,14473\,\varepsilon,\\
\delta b'' &= -\ 6,9125 - 0,17731\,\varepsilon,
\end{aligned}$$

ε étant une indéterminée qui doit être réduite à zéro quand on veut satisfaire rigoureusement aux six équations. Mais on peut aussi faire varier ε entre de certaines limites restreintes, sans cesser de satisfaire aux observations avec assez de précision. Ce mode de discussion a été exposé dans un précédent Mémoire.

» Des valeurs de δg, $\delta g'$,.... on peut conclure celles de δn, $\delta\zeta$,..., et l'on trouve

$$\begin{aligned}
\delta n &= -\ 0'',41616 - 0,137559\,\varepsilon,\\
\delta\zeta &= -\ 2'12'',57 - 11,360\,\varepsilon,\\
\delta\varphi &= -\ 58,80 + 11,363\,\varepsilon,\\
\delta\pi &= +\ 10'20,36 + 35,349\,\varepsilon,\\
\delta i &= -\ 2,52 + 0,409\,\varepsilon,\\
\delta\theta &= -\ 2'37,96 - 15,011\,\varepsilon.
\end{aligned}$$

Si nous ajoutons ces corrections aux valeurs provisoires des éléments, nous aurons la solution définitive suivante, dans laquelle j'ai posé

$$-\ 0,137559\,\varepsilon = \mu,$$

afin que l'indéterminée ne soit autre chose que la variation arbitraire du

moyen mouvement diurne. Les longitudes sont toujours comptées à partir de l'équinoxe moyen du 1er janvier 1844, et le temps moyen est celui de l'Observatoire de Paris :

Temps moyen 1843, novembre... 24j,5,

$$
\begin{aligned}
n &= 476'',855\,99 \quad + \quad \mu'',\\
\zeta &= 5^\circ\ 4'55'',36 + 82,58\,\mu'',\\
\varphi &= 33.46.53,30 - 82,60\,\mu'',\\
\pi &= 49.33.\ 6,66 - 256,97\,\mu'',\\
i &= 11.22.30,78 - 2,97\,\mu'',\\
\theta &= 209.29.29,54 + 109,12\,\mu''.
\end{aligned}
$$

» Si l'on s'en tient à la solution correspondante à $\mu = 0$, on trouve qu'elle satisfait à toutes les observations avec l'exactitude dont elles sont susceptibles. Mais on reconnaît aussi qu'on ne s'éloigne pas sensiblement de ces observations en attribuant à μ des valeurs peu considérables, surtout si l'on a égard aux incertitudes que les petites erreurs, qui peuvent affecter les positions du Soleil, sont susceptibles d'introduire dans les réductions. On peut ainsi faire varier arbitrairement μ entre les limites $\pm \frac{1}{4}$; peut-être même entre les limites $\pm \frac{1}{3}$.

» Dans l'hypothèse $\mu = 0$, la durée de la révolution sidérale serait de 2717j,80. Le prochain retour au périhélie aurait donc lieu en 1851 le 26,93 mars. Mais on ne peut répondre de ce résultat qu'à *deux jours près*, à cause des incertitudes que les observations laissent planer sur la valeur de μ.

» De plus, les perturbations peuvent changer l'époque précédente, qui a été calculée dans l'hypothèse où les éléments de l'orbite n'auraient éprouvé aucune altération jusqu'à l'époque du retour. Il est indispensable de déterminer ces altérations; c'est ce que j'ai fait dans la seconde partie de mon travail. En ne tenant pas compte du carré des forces perturbatrices, ce qui serait ici inutile, j'ai trouvé que depuis le 24,5 novembre 1843, jusqu'à l'époque du prochain passage au périhélie, les perturbations feront varier les éléments de l'orbite des quantités suivantes :

$$
\begin{aligned}
\delta n &= -\ 1'',6926,\\
\delta\zeta &= -\ 1^\circ 0'56'',72,\\
\delta\varphi &= -\ 3'53,91,\\
\delta\pi &= +\ 2'29,14,\\
\delta i &= -\ 51,70,\\
\delta\theta &= -\ 4'35,81.
\end{aligned}
$$

En tenant compte de ces résultats, et en réduisant les longitudes à l'équi-

noxe moyen du 1er janvier 1851, on trouve, pour les éléments du mouvement de la comète à l'époque de son prochain retour au périhélie :

Temps moyen 1851, avril..............		3j,5959,		
Moyen mouvement diurne..........	$n =$	475″,1634	+	μ'',
Anomalie moyenne................	$\zeta =$	0° 0′ 0″,00	+	2 769,68 μ'',
Angle de l'excentricité.............	$\varphi =$	33.42.59,39	—	82,60 μ'',
Longitude du périhélie.............	$\pi =$	49.41.27,36	—	256,97 μ'',
Inclinaison de l'orbite.............	$i =$	11.21.39,08	—	2,97 μ'',
Longitude du nœud ascendant.......	$\theta =$	209.30.45,29	+	109,12 μ''.

Ainsi les perturbations ont pour effet principal de retarder de 7j,67 l'époque du prochain retour au périhélie, et de la reporter du 26,93 mars au 3,60 avril 1851. J'ai déjà dit, au reste, qu'on ne pouvait répondre de cette époque qu'à *deux jours près*.

» Je donne dans mon Mémoire une éphéméride des positions de la comète à partir du mois d'octobre 1850. Cettte éphéméride, basée sur les éléments précédents, servira sans doute à retrouver la comète avec facilité, dès qu'il sera possible de la revoir aux plus puissantes lunettes. »

ASTRONOMIE. — *Calcul d'une comète observée dans l'hémisphère austral.* (Extrait d'une Lettre de M. **J.-R. Hind**, astronome anglais, à M. *Faye*.)

« ... J'ai reçu sur cette comète une série d'observations faites par M. Simms, à Columbo (île de Ceylan), et publiées depuis dans les *Notices de la Société astronomique*, une observation de M. Peters, en date du 7 février dernier, communiquée par M. Schumacher, et une autre série de positions déterminées par M. le docteur Challis, vers le commencement du mois de mars. Ne pouvant obtenir de parabole qui satisfît à ces observations, je me suis déterminé à essayer l'excellente méthode de M. Gauss; voici les résultats que j'ai obtenus :

Époque du passage au périhélie, 1844, décembre 13,75660, temps moyen à Greenwich.

Longitude du périhélie.......	294° 5′ 54″,6	Équinoxe moyen, 1845,0
Longitude du nœud ascendant..	119°35′ 33″,0	
Inclinaison	45° 7′ 8″,0	
Angle d'excentricité..........	78°38′46″,02	
Logarithme du demi-grand axe.	1,0797590	
Temps de la révolution........	41 $\frac{3}{4}$ années sidérales (*).	
Mouvement................	Direct.	

(*) D'après une première ébauche des éléments purement paraboliques de cette comète, M. Encke a signalé son analogie avec celles de 1264 et de 1556, dont l'identité avait été déjà soupçonnée (*Astronomische Nachrichten* de M. Schumacher, n° 530).

» Les données employées dans ce calcul sont :

1845. Janvier,	5,07366 t. m. à G.	Long. vraies géoc.	316° 29′ 5″	Lat. vr. géoc.	—30° 46′ 43″
Février,	7,27834	de la comète.	24° 27′ 1″	de la com.	—35° 9′ 24″
Mars,	11,31574		52° 44′ 19″		—26° 58′ 45″

» Les longitudes sont rapportées à l'équinoxe moyen de 1845,0. Ces éléments donnent pour l'observation moyenne les erreurs suivantes : en longitude, — 3″ ; en latitude, + 1″. On a reçu une série d'observations de M. Caldecott, qui paraîtra bientôt, j'espère, dans les *Notices de la Société astronomique*. »

ASTRONOMIE. — *Éléments paraboliques de la comète découverte à Berlin par* M. Darrest. (Note de M. **Goujon**, communiquée par M. *Arago*.)

Temps du passage au périhélie,	1845, avril 8,163479	
Longitude du périhélie.	91° 19′ 40″,8	Équinoxe moyen du
Longitude du nœud ascendant. . .	336° 44′ 29″,6	1er janvier 1845.
Inclinaison.	46° 50′ 36″,4	
Logarithme de la distance périhélie.	9,9567272	
Sens du mouvement dans l'orbite.	Direct.	

» Ces éléments ont été obtenus par la méthode de correction de Laplace sur les meilleures observations faites à Paris.

» Voici comment les observations sont représentées :

Calcul moins observation.

DATES.	ERREURS en longitude.	ERREURS en latitude.	LIEUX de l'observat.
28 décembre 1844.	— 4″6	—11″0	Berlin.
3 janvier 1845. .	— 8,3	—20,0	Hambourg.
11 janvier.	+ 1,8	— 2,5	Paris.
15 janvier.	+ 8,2	+ 4,7	Paris.
6 février.	+ 2,9	— 2,7	Paris.
26 février.	+ 3,9	— 2,7	Paris.

ASTRONOMIE. — *Observations des comètes faites à Naples en* 1845; *par* M. Cooper. (Communiqué par M. *Arago*.)

TEMPS MOYEN de Naples.	ASCENSION droite.	DÉCLINAISON.	COMÈTE.	ÉTOILES DE COMPARAISON.
	h m s	° ′ ″		
Février. 26,32202	2.59 17,1	—12 36 54,5	De M. Mauvais.	Bessel, Z. 206. $3^h\ 0^m36^s$ — 12°38′18″.
7,35378	2.23.53,1	—23. 8.32	De Naples.	172 H II Piazzi.
17,30602	2.56.39,3	—17. 6.25	De Naples.	*Hist. céleste*, page 463, col. 2, n° 45.
18,31827	2.59 30,6	—16.32. 3	De Naples.	*Hist. céleste*, page 463, col. 2, n° 45.
25,35147	3.17.53,4	—13. 4.23	De Naples.	Bessel, Z. 206. $3^h14^m38^s$ — 12°53′15″.
Mars... 5,41510	10.42.47,1	+50.11 6	De M. de Vico.	
11,34840	9.57.24,5	+43.22.41	De M. de Vico.	*Hist. céleste*, page 331, col. 1, n° 52.
27,42417	8.31. 8,6	+15. 1.48	De M. de Vico	*Hist. céleste*, page 52, col 1, n° 25.
31,35278	8.18.41,3	+ 8. 8. 3	De M. de Vico.	67 H VIII Piazzi.
Avril. . 1,36173	8.15.58,5	+ 6.26. 2,4	De M. de Vico.	Bessel, Z. 52.
3,42184	8.10.43,5	+ 3.12. 5,7	De M. de Vico.	*Hist. cél.*, p. 257, col. 2, nos 57 et 59.
7,33924	8. 2.34,6	— 2.30.35,4	De M. de Vico.	29 Monocerotis.
8,33395	8. 0.49,2	— 3.51.43	De M. de Vico.	*Hist. cél.*, p. 259, col. 2, nos 24 et 26.

M. Vico, questionné par M. *Arago*, écrit que c'est lui qui a découvert les deux *comètes* observées à Rome.

M. Démidoff adresse le Tableau des *observations météorologiques* faites à Nijné-Taguilsk pendant l'année 1844. M. *Arago* en présente une analyse détaillée.

M. Delarue envoie, de Dijon, le Tableau des *observations météorologiques* faites à Dijon pendant le mois de mars 1845.

M. Saint-Ange Plet prie l'Académie de hâter le travail de la Commission à l'examen de laquelle a été renvoyé son Mémoire sur un *compas polymètre*.

L'Académie accepte le dépôt de trois *paquets cachetés* présentés par M. Boutigny, par M. Durocher, et par MM. Durocher et Malaguti.

Un quatrième paquet cacheté qui, au lieu de signature, porte seulement

une épigraphe, sera tenu à la disposition de l'auteur, l'Académie ne pouvant, d'après ses usages, l'accepter en cet état.

A 4 heures trois quarts l'Académie se forme en comité secret.

La séance est levée à 6 heures. A.

ERRATA.

(Séance du 21 avril 1845.)

Page 1146, ligne 8,

au lieu de $$V_0(1+kt')\cdot\frac{H-f'}{H-f}\cdot\frac{1+\alpha t}{1+\alpha t'}\cdot\omega\delta(1+\alpha t)\cdot\frac{f_t}{760},$$

lisez $$V_0(1+kt')\cdot\frac{H-f'}{H-f}\cdot\frac{1+\alpha t}{1+\alpha t'}\cdot\omega\frac{\delta}{1+\alpha t}\cdot\frac{f_t}{760},$$

ou $$V_0(1+kt')\cdot\frac{H-f'}{H-f}\cdot\frac{1}{1+\alpha t'}\cdot\omega\delta\cdot\frac{f_t}{760}.$$

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

L'Académie a reçu, dans cette séance, les ouvrages dont voici les titres:

Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie royale des Sciences; 1er semestre 1845; n° 16; in-4°.

Société royale et centrale d'Agriculture. Bulletin des séances; Compte rendu mensuel; *rédigé par* M. PAYEN, Secrétaire perpétuel; tome V, n° 5; in-8°.

Société royale et centrale d'Agriculture. — Programme de la séance du 30 *mars* 1845; in-8°.

Tableau physique, géographique, politique, statistique et administratif de l'Afrique française; par M. VICTOR DE SAINT-PIERRE. Paris, 1845; in-4°.

Éléments de Chimie générale, avec figures sur bois intercalées dans le texte; par M. E. VERQUIN; 1 vol. in-12.

Histoire générale de la Musique et de la Danse; par M. ADRIEN DE LA FAGE; 2 vol. in-8°; avec atlas in-4°.

Éléments de Chimie organique, comprenant les applications de cette science à la physiologie animale; par M. MILLON; t. Ier; in-8°.

Manuel de Physiologie; par M. J. MULLER, *traduit de l'allemand, avec des annotations, par* M. JOURDAN; 4e livraison; in-8°.

Enquête sur les Quarantaines de la Peste; par M. AUBERT-ROCHE; brochure in-8°.

Mémoire sur les Poissons fossiles du département de la Gironde; par M. PEDRONI fils; brochure in-8°.

Sur le Cidre. — Lettre à M. SEMINEL; *par* M. GIRARDIN. (Extrait de la *Normandie agricole.*) 1 feuille in-8°.

Clinique iconographique de l'hôpital des Vénériens; par M. RICORD; 8e livraison; in-4°.

Types de chaque Famille et des principaux genres des Plantes croissant spontanément en France; par M. PLÉE; 18e livraison; in-4°.

Dictionnaire universel d'Histoire naturelle; tome VI, 61e livraison; in-8°.

Journal des Connaissances médicales pratiques; avril 1845; in-8°.

Journal de Chirurgie; par M. MALGAIGNE; avril 1845; in-8°.

Mémoires de la Société de physique et d'histoire naturelle de Genève; tome X; 2e partie; in-4°.

Un mot sur l'Hydrosudopathie; par M. VAN SWYGENHOVEN. Bruxelles, 1843; brochure in-16.

Le Maroc, ou mœurs, coutumes, religion, gouvernement, commerce, politique, etc., de cet empire; par le sieur PIDON DE SAINT-OLON; *publié sur un nouveau plan par* M. VAN SWYGENHOVEN; brochure in-16.

Quelques considérations sur les ossements, et particulièrement sur le crâne de Jean Sans-Peur, duc de Bourgogne; par le même; $\frac{3}{4}$ de feuille in-8°.

Coup d'œil sur les maladies les plus communes des Dayakois de la côte sud-ouest de Borneo; par le même; in-8°.

Note sur un hermaphrodisme incomplet, accompagné d'hypospadias, observé sur un enfant du sexe masculin; par le même; brochure in-8°.

Miscellanea medica; par le même; 1 feuille et demie in-8°.

Heliotropia; poésies; *par* le même; brochure in-16.

Redevoering... *Discours prononcé dans la troisième réunion de la Société de Philologie et de Belles-Lettres de Bruxelles; par* le même; $\frac{1}{2}$ feuille in-8°.

Astronomische... *Nouvelles astronomiques de* M. SCHUMACHER; n° 534; in-4°.

Bericht uber... *Analyses des Mémoires lus à l'Académie des Sciences de Berlin, et destinés à la publication;* janvier et février 1845; in-8°.

Neue... *Nouvelles recherches sur les organismes microscopiques, et leur distribution géologique; par* M. EHRENBERG. Berlin, 1845; in-8°.

The medical Times; n°s 291 et 292; in-4°.

Gazette médicale de Paris; tome XIII, 1845; n° 17; in-4°.

Gazette des Hôpitaux; n°s 47 à 49.

L'Écho du Monde savant; n°s 29 et 30; in-4°.